

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

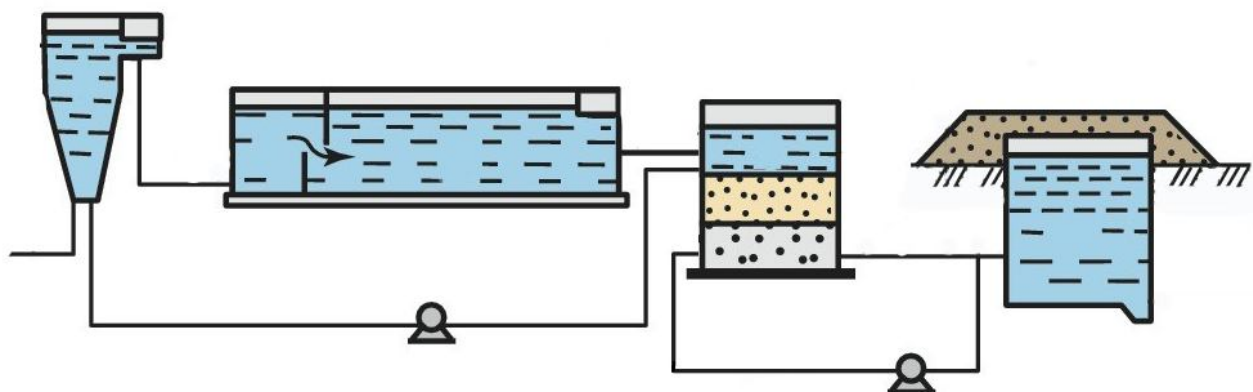
для виконання курсового проекту

**«КОМПЛЕКС СПОРУД З ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»**

з навчальних дисциплін

**«ОЧИСНІ СПОРУДИ ВОДОПОСТАЧАННЯ»  
і  
«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»**

*(для студентів 2–4 курсів усіх форм навчання  
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія,  
спеціалізації (освітні програми) «Цивільна інженерія (Водопостачання та  
водовідведення)», «Гідротехніка (водні ресурси)»)*



**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2017**

Методичні рекомендації для виконання курсового проекту «Комплекс споруд з очистки природних вод» з навчальних дисциплін «Очисні споруди водопостачання» і «Технологія очистки природних вод» (для студентів 2–4 курсів усіх форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізації (освітні програми) «Цивільна інженерія (Водопостачання та водовідведення)», «Гідротехніка (водні ресурси)») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. М. Беляєва, К. Б. Сорокіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 58 с.

Укладачі: В. М. Беляєва,  
канд. техн. наук К. Б. Сорокіна

Рецензент канд. техн. наук, доц. Г. І. Благодарна

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод, протокол № 1 від 29.08.2017.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	6
2 ПЕРЕДУМОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ.....	7
2.1 Вибір і обґрунтування методів очищення вод.....	7
2.2 Розрахунок даних для вибору технологічної схеми.....	7
2.3 Оцінка якості природної води .....	8
2.4 Вибір і обґрунтування технологічної схеми очищення води і складу споруд. Складання висотної схеми розташування споруд водоочисної станції.....	9
3 РОЗРАХУНОК СПОРУД РЕАГЕНТНОГО ГОСПОДАРСТВА.....	13
3.1 Споруди для приготування розчину коагулянту.....	13
3.2 Споруди для приготування розчину флокулянта.....	18
3.3 Споруди для приготування розчину вапняного молока.....	20
4 УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РЕАГЕНТА- ОКИСНЮВАЧА.....	24
4.1 Розрахунок хлораторної установки для дозування рідкого хлору.....	25
4.2 Розрахунок установок для озонування води.....	27
5 РОЗРАХУНОК ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗМІШУВАЧА.....	28
6 РОЗРАХУНОК КАМЕРИ УТВОРЕННЯ ПЛАСТІВЦІВ.....	30
7 РОЗРАХУНОК ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВІДСТІЙНИКІВ.....	32
7.1 Розрахунок кількості води, яка скидається з осадом.....	33
7.2 Визначення розмірів та кількості горизонтальних відстійників.....	34
7.3 Розрахунок системи видалення осаду.....	35
7.4 Розрахунок пристрою для збору освітленої води.....	36
8 РОЗРАХУНОК ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ СПОРУД.....	36
8.1 Швидкі фільтри.....	36
8.1.1 Розрахунок пристрою для збору і відводу промивної води (жолоби і збірний канал).....	38
8.1.2 Розрахунок розподільчої системи фільтра.....	39
8.1.3 Визначення діаметрів трубопроводів.....	40
8.1.4 Визначення втрати напору при промиванні фільтрів.....	41
8.2 Контактні освітлювачі.....	42
8.2.1 Розрахунок вхідної камери.....	42
8.2.2 Визначення площі контактного освітлювача.....	43

8.2.3 Розрахунок трубчастої розподільної системи.....	44
8.2.4 Розрахунок пристроїв для збору і відводу води при промиванні...	45
8.2.5 Розрахунок збірного каналу.....	46
8.2.6 Визначення втрат напору під час промивання контактних освітлювачів.....	46
9 СПОРУДИ ДЛЯ ОБРОБКИ ПРОМИВНИХ ВОД ВІД ШВИДКИХ ФІЛЬТРІВ І КОНТАКТНИХ ОСВІТЛЮВАЧІВ.....	47
9.1 Розрахунок піскоуловлювачів.....	47
9.2 Розрахунок резервуара–усереднювача.....	48
10 РОЗРАХУНОК РЕЗЕРВУАРУ ЧИСТОЇ ВОДИ.....	50
11 СКЛАДАННЯ БАЛАНСОВОЇ СХЕМИ ВИТРАТ ВОДИ НА ВОДООЧИСНИХ СПОРУДАХ.....	51
12 КОМПОНУВАННЯ СТАНЦІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ.....	53
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56

## ВСТУП

Методичні вказівки присвячені питанням проектування та розрахунку очисних споруд в системах господарсько–питного водопостачання і призначені для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізації (освітні програми) «Цивільна інженерія (Водопостачання та водовідведення)», «Гідротехніка (водні ресурси)».

Рекомендовані для використання при виконанні курсового проекту з дисципліни «Споруди і обладнання водопостачання. Модуль 3. Очисні споруди водопостачання». Містять загальні відомості про вибір методів водопідготовки та складу споруд на підставі регламенту нормативних документів [1, 4], а також включають методики та формули технологічного розрахунку споруд.

При виконанні курсового проекту треба дати оцінку якості природної води, зробити вибір технологічної схеми очищення річкової води, побудувати висотну схему очисних споруд, визначити повну продуктивність станції, визначити розрахункові дози реагентів й навести схеми їх приготування, зробити розрахунок основних споруд за вибраною студентом схемою очистки і споруд повторного використання промивних вод, скласти балансову схему витрат води для водоочисних споруд, виконати креслення плану очисних споруд та технологічної схеми.

## 1 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Відповідно до навчальної програми дисципліни «Споруди і обладнання водопостачання. Модуль 3. Очисні споруди водопостачання» до складу курсового проекту входить пояснювальна записка і графічна частина.

Графічна частина проекту включає:

- технологічну схему обробки води з висотним розрахунком відміток рівнів води в спорудах (безмасштабна) – формат креслення А3;
- компоновочний план станції водопідготовки (блок основних споруд), (масштаб М 1 : 500, 1 : 200) – формат креслення А1.

Розрахунково–пояснювальна записка, яка складена відповідно до стандарту [1], повинна включати обґрунтування прийнятих технічних рішень і повні технологічні розрахунки всіх споруд водоочисної станції, виконані відповідно до регламенту [1].

*Послідовність виконання курсового проекту:*

### 1. Вибір технологічної схеми.

- Вибір і обґрунтування методів очищення вод.
- Розрахунок даних для вибору технологічної схеми.
- Оцінка якості природної води.
- Вибір і обґрунтування технологічної схеми очищення води і складу споруд.
- Складання висотної схеми розташування споруд водоочисної станції.

### 2. Реагентне господарство.

- Визначення розрахункових доз реагентів та розрахунок споруд реагентного господарства.
- Знезараження води.

### 3. Розрахунок основних технологічних споруд.

- Залежно від вибраної схеми:

*Одноступінчаста схема*

- Розрахунок контактних освітлювачів.
- Розрахунок барабанних сіток.

*Двохступінчаста схема*

- Розрахунок швидких фільтрів.
- Розрахунок споруд освітлення води.
- Розрахунок камер утворення пластівців.

- Розрахунок вертикального змішувача.
- Розрахунок резервуара чистої води.

### 4. Розрахунок повторного використання промивних вод.

- Споруди повторного використання промивних вод.
- Складання балансової схеми витрат води для водоочисних споруд.
- Компоновка станції водопідготовки зі складанням плану очисних споруд.

## 2 ПЕРЕДУМОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИСТКИ ВОДИ

### 2.1 Вибір і обґрунтування методів очищення води

Якість природної води, яка надходить в систему господарсько–питного водопостачання, повинна відповідати вимогам стандарту [4].

Методи поліпшення якості води вибирають залежно від фізико–хімічного та бактеріологічного складу води в джерелі водопостачання і вимог споживача [4].

Як правило, вода, яка забирається з поверхневих джерел водопостачання, вимагає освітлення, знебарвлення, знезараження і дезодорації.

На сучасних водопровідних станціях, які потребують реалізації високоефективних технологій, застосовують реагентну обробку води коагулянтами і флокулянтами.

Вода, що забирається з підземних джерел, не вимагає освітлення, знебарвлення, але, залежно від регіональних особливостей, може вимагати коригування будь-яких показників хімічного складу.

Таким чином, на першому етапі проектування необхідно виконати аналіз якості води в джерелі водопостачання (відповідно до завдання) і порівняти його з вимогами стандарту [4].

### 2.2 Розрахунок даних для вибору технологічної схеми

Для вибору технологічної схеми водопідготовки та подальшого розрахунку споруд необхідно в такій послідовності виконати попередні розрахунки:

1. Проводять оцінку якості природної води.

2. Визначають повну (розрахункову) годинну продуктивність станції ( $q_{oc}$ ), яка є сумою витрат води, що йде на потреби споживача ( $Q_{кор}$ ), витрати на власні потреби станцій і поповнення протипожежного запасу ( $q_{доо}$ ), за формулою:

$$q_{oc} = \frac{\alpha \cdot Q_{кор}}{24} + Q_{доо}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, який враховує витрату води на власні потреби; для орієнтовних розрахунків приймають: 1,03–1,04 – при повторному використанні води від промивки фільтрів (контактних освітлювачів); 1,06–1,08 – при скиданні вод від промивки фільтрів (контактних освітлювачів) в каналізацію [1, п. 10.1.6].

Додаткову витрату води для поповнення протипожежного запасу визначають за формулою:

$$Q_{доо} = \frac{V_{пож}}{T_{пож}} = \frac{3,6 \cdot t \cdot [n \cdot (q_{пож} + q'_{пож}) + n' \cdot (q_{1пож} + q'_{1пож}) \cdot 0,5]}{T_{пож}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.2)$$

де  $V_{пож}$  – об'єм води для гасіння пожежі,  $\text{м}^3$ ;

$n, n'$  – кількість одночасних пожеж відповідно в населеному пункті та на підприємстві [1, п. 6.2.2];

$q_{\text{пож}}, q'_{\text{пож}}$  – норма витрати води на зовнішнє пожежогасіння відповідно в населеному пункті та на підприємстві, л/с, [1, таблиці 3, 5];

$q_{\text{Iпож}}, q'_{\text{Iпож}}$  – норма витрати води на внутрішнє пожежогасіння відповідно в населеному пункті та на підприємстві, л/с [3, п. 8.2];

$t_{\text{пож}}$  – розрахункова тривалість пожежі, год [1, п. 6.2.13];

$T_{\text{пож}}$  – час відновлення протипожежного запасу води, год [1, п. 6.2.14].

Для зручності розрахунків рекомендується переводити часову витрату ( $q_{\text{ос}}$ ) в добову ( $Q_{\text{ос}}$ ) та секундну ( $q_{\text{ос}}^c$ ) продуктивності.

3. Визначають необхідність обробки води реагентами, вибирають вид коагулянту, флокулянту, реагенту для підлужування.

4. Визначають дози реагентів за рекомендаціями [1] і з урахуванням даних розділу 3.

5. Визначають сумарну кількість завислих речовин у воді, яка включає: суспензію природної води і завислі домішки, які утворилися при гідролізі коагулянту, при деструкції органічних речовин, які обумовлюють забарвленість, і нерозчинних речовин, які вводять з вапном (див. «Розрахунок горизонтального відстійника»).

### 2.3 Оцінка якості природної води

Вода електронейтральна, тому суми концентрацій катіонів і аніонів, виражені в мг–екв/дм<sup>3</sup>, повинні бути рівними:

$$[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] = [\text{HCO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-].$$

Для перерахунку концентрацій іонів, виражених мг/дм<sup>3</sup>, в мг–екв/дм<sup>3</sup>, їх необхідно розділити на еквівалентну масу даної речовини:

$$\frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} + \frac{\text{Na}^+}{23} = \frac{\text{HCO}_3^-}{61,02} + \frac{\text{SO}_4^{2-}}{48,03} + \frac{\text{Cl}^-}{35,48}; \quad (2.3)$$

$$\sum K = \sum A.$$

Перевірити правильність аналізу можна зіставленням сум катіонів і аніонів у мг–екв/дм<sup>3</sup>, при цьому:

$$\frac{\sum K - \sum A}{\sum K + \sum A} \times 100\% \leq 5\%. \quad (2.4)$$

Сумарна концентрація катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , яка виражена в мг–екв/дм<sup>3</sup>, визначає загальну твердість води:

$$T_{\text{заг}} = \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16}, \text{ мг–екв/дм}^3. \quad (2.5)$$

Загальна лужність залежно від іонної сполуки води включає бікарбонатну, карбонатну й гідратну складові. Оскільки з перерахованих аніонів у більшості природних вод переважає аніон  $\text{HCO}_3^-$ , їх лужність визначається концентрацією бікарбонатів. Це справедливо за умови, що величина рН не перевищує 8,3.

$$L_{\text{заг}} = [\text{HCO}_3^-], \text{ мг–екв/дм}^3, \quad (2.6)$$

Якщо  $L_{\text{заг}} \leq T_{\text{заг}}$ , то загальна лужність дорівнює карбонатній твердості –  $L_{\text{заг}} = T_{\text{к}}$ . Якщо  $L_{\text{заг}} > T_{\text{заг}}$ , то  $T_{\text{заг}} = T_{\text{к}}$ .



Некарбонатна твердість є різницею між загальною і карбонатною твердістю:

$$T_{нк} = T_{заг} - T_{к}, \text{ мг-екв/дм}^3. \quad (2.7)$$

Дані аналізів іонного складу води зручно зображувати графічно. Графічне зображення результатів аналізу дозволяє представити гіпотетичний склад солей у воді. Для цього в певному масштабі на двох паралельних дотичних смугах в порядку, зазначеному на рисунку 2.1, відкладають концентрації катіонів та аніонів в мг-екв/дм<sup>3</sup> (ммоль/дм<sup>3</sup>).

Аніони на діаграмі розташовують в порядку збільшення їх кислотних властивостей. Розташування катіонів обумовлено тим порядком, в якому вони будуть утворювати малорозчинні сполуки при поступовому збільшенні значення рН. Саме такий прийом обробки, тобто збільшення лужності середовища, лежить в основі процесів реагентного зм'якшення, знезалізнення води аерацією або вапнуванням.

a)

$\text{Ca}^{2+}$		$\text{Mg}^{2+}$		$\text{Na}^+ + \text{K}^+$
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{CaSO}_4$	$\text{MgSO}_4$	$\text{MgCl}_2$	$\text{NaCl} + \text{KCl}$
$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$		$\text{Cl}^-$	

б)

$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{MgSO}_4$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{NaCl} + \text{KCl}$
$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$		$\text{Cl}^-$

в)

$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$		$\text{K}^+$
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{MgHCO}_3$	$\text{NaHCO}_3$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{NaCl}$
$\text{HCO}_3^-$			$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$

Рисунок 2.1 – Діаграма гіпотетичного складу солей у воді

Сухий залишок визначають за рівнянням:

$$P = [HCO_3^-]/2 + [SO_4^{2-}] + [Cl^-] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+], \text{ мг/дм}^3 \quad (2.8)$$

При визначенні сухого залишку треба враховувати термічний розпад бікарбонатів навіпіл.

## 2.4 Вибір і обґрунтування технологічної схеми очищення води і складу споруд. Складання висотної схеми розташування споруд водоочисної станції

Основні технологічні споруди станцій очищення води встановлюють залежно від якості води в джерелі водопостачання, призначення водопроводу, продуктивності станції, а також на підставі даних експлуатації споруд, які працюють в аналогічних умовах.

Орієнтовний склад споруд визначають за таблицею 16 [1] залежно від якісних показників вихідної води і повної продуктивності станції (*вихідних даних в завданні на курсовий проект і певних попередніх розрахунків*). У таблиці 16 [1] вказані лише основні види споруд технологічної схеми.

Очистку води з поверхневих джерел на станціях водопроводу населених пунктів можуть здійснювати за одноступінчастою або двоступінчастою схемою.

Залежно від методу очищення води в схему необхідно вводити додатково цілий ряд допоміжних споруд.

Якщо очищення води здійснюють за двоступеневою схемою, то вона включає такі процеси: коагуляцію, відстоювання у відстійних спорудах, фільтрування та знезараження (рис. 2.2).

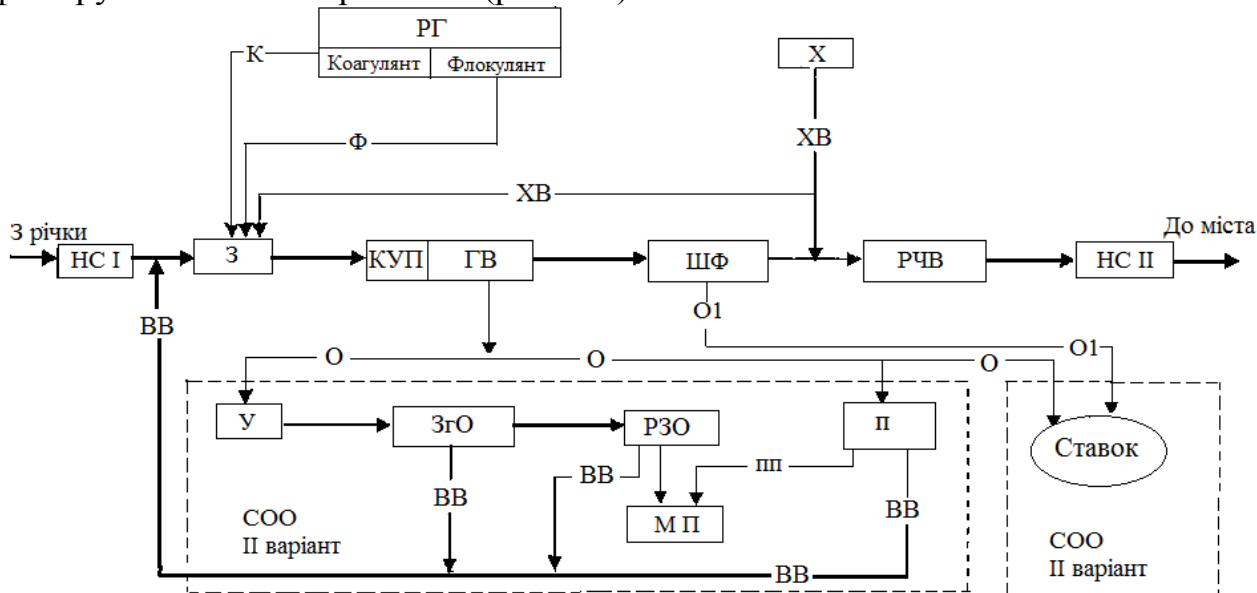


Рисунок 2.2 – Блок-схема очистки води за двоступеневою схемою:

НС I, НС II – насосні станції відповідно I і II підйому; З – змішувач; КУП – камера утворення пластівців; ГВ – горизонтальний відстійник; ШФ – швидкий фільтр; РЧВ – резервуар чистої води; РГ – реакгентне господарство; Х – хлораторна; СОО – споруди з обробки осадів;

У – усереднювач; ЗгО – згущувач осаду; РЗО – резервуар згущеного осаду;

П – піскоуловлювач; МП – мулові площадки; СТАВОК – накопичувач; К – розчин коагулянту; Ф – розчин флокулянту; ХВ – хлорна вода; О – осад з відстійників;

О1 – промивні води; ПП – піскова пульпа; ВВ – вода на повторне очищення

До складу споруд повинні входити змішувачі, куди вводять розчини реагентів, які готують в приміщенні реакгентного господарства, і де відбувається змішування їх з водою; камери утворення пластівців, де відбувається формування пластівців коагулянту; відстійники для виділення суспензії з води; фільтри для остаточного прояснення води. Потім вода повинна бути спрямована в резервуар чистої води для контакту її з знезаражувальним реагентом і на насоси другого (II) підйому для подачі споживачеві.

В схемі необхідно передбачити споруди для обороту промивних вод у вигляді резервуарів для збору і накопичення промивних вод фільтрів і піскоуловлювачів та споруди обробки осадів, які відкачують з відстійників.

Для виділення великих домішок (понад 0,5 мм) в схемі слід передбачати барабанні сітки з механізованим видаленням забруднень. При наявності у воді планктону понад 1000 кл/см<sup>3</sup> в схемі повинні бути передбачені мікрофільтри.

При очищенні води за одноступінчастою схемою (рис. 2.3) до складу споруд можуть входити апарати для затримання великої суспензії і плаваючих

предметів – барабанні сітки, змішувачі, контактні освітлювачі, резервуари чистої води. Для цієї схеми витрата води на власні потреби, як правило, перевищує нормативні дані та досягає 8–10 %, тому обов’язково необхідно передбачити повторне використання промивних вод з метою скорочення витрат води та запобігання забруднення водойм.

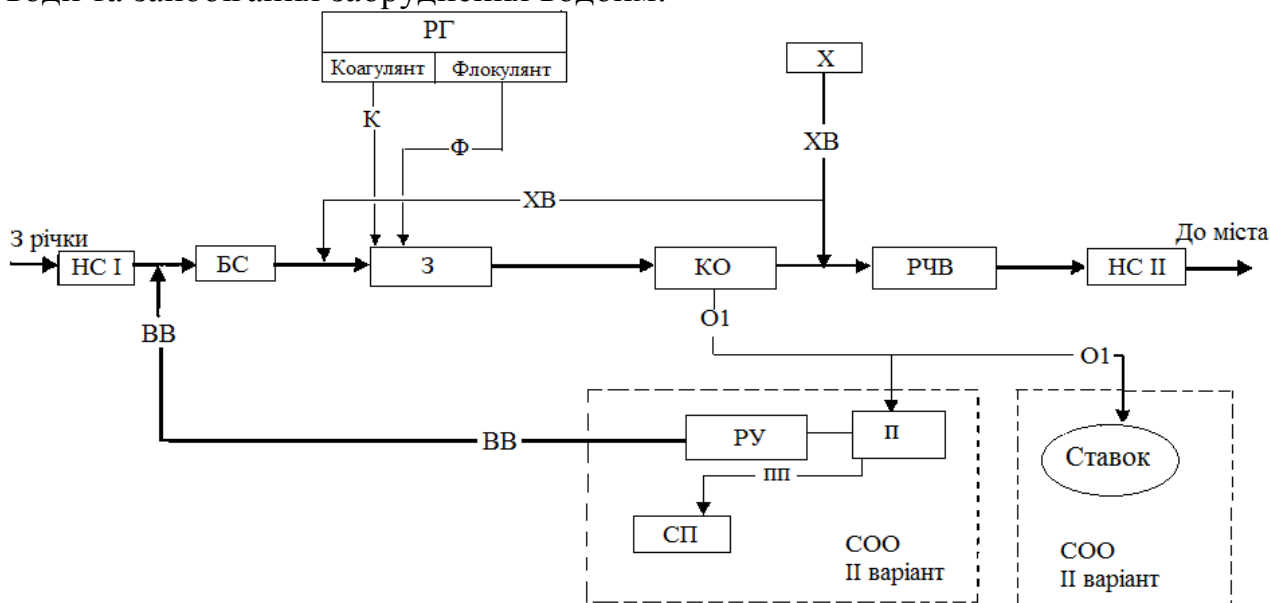


Рисунок 2.3 – Блок-схема очистки води за одноступінчастою схемою:

НС I, НС II – насосні станції відповідно I і II підйому; БС – барабанні сітки (мікрофільтри);

З – змішувач; КО – контактний освітлювач; РЧВ – резервуар чистої води; РГ – реагентне господарство; Х – хлораторна; СОО – споруди з обробки осадів; РУ – резервуар усереднювач; П – піскоуловлювач; СП – площадки сушки піску; СТАВОК – накопичувач;

К – розчин коагулянту; Ф – розчин флокулянту; ХВ – хлорна вода; О1 – промивні води; ПП – піскова пульпа; ВВ – вода на повторне очищення

Для обраної технологічної схеми виконується висотне визначення взаємного розташування споруд станції водопідготовки.

За принципом переміщення мас води в спорудах розрізняють самотливні і напірні системи.

Для освітлення і знебарвлення води господарсько-питного призначення використовують самотливні системи. Для самотливого руху води максимально використовують рельєф місцевості. Це дозволяє зменшити заглиблення споруд, тобто скоротити обсяг земляних робіт і здешевити будову підземної частини споруд, що знижує будівельну вартість очисної станції.

Висотна схема являє собою графічне зображення на профілі всіх споруд станції з взаємною ув'язкою висоти їх розташування на місцевості (рисунок 2.4 та рисунок 2.5).

Складання висотної схеми починають з найбільш низькорозташованої споруди – резервуара чистої води (РЧВ). Позначку рівня води в РЧВ приймають рівною  $\pm 0,00$  або на 0,5 м вище поверхні землі, з огляду на санітарні та економічні міркування. Потім, задаючись втратами напору в спорудах і в комунікаціях, які їх з'єднують, знаходять необхідні позначки рівнів води в окремих спорудах.

Для орієнтовних розрахунків величини перепадів рівнів води приймають втрати напору у відповідності до пункту 10.28.2 [1].

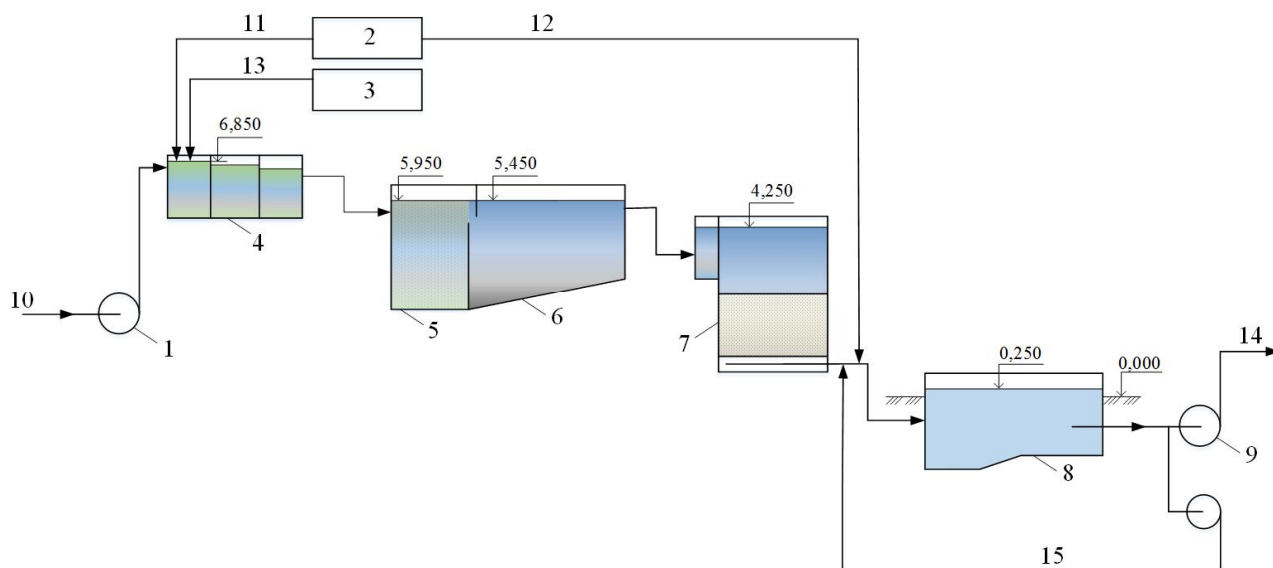


Рисунок 2.4 – Висотна схема основних споруд двоступеневої очистки поверхневих вод із застосуванням горизонтальних відстійників і швидких фільтрів:

- 1 – насосна станція I-го підйому; 2 – хлораторна; 3 – реагентне господарство; 4 – змішувач; 5 – камера утворення пластівців; 6 – горизонтальний відстійник; 7 – швидкий фільтр; 8 – резервуар чистої води; 9 – насосна станція II-го підйому; 10 – подача вихідної води; 11 – первинне хлорування; 12 – вторинне хлорування; 13 – подача розчинів реагентів (коагулянт, флокулянт); 14 – подача води споживачам; 15 – промивна вода

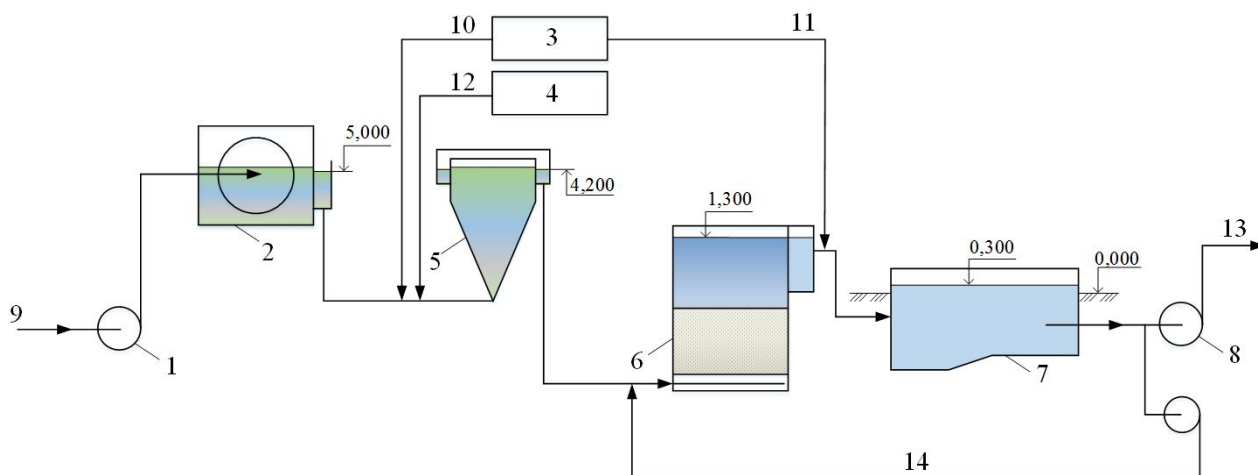


Рисунок 2.5 – Висотна схема основних споруд одноступінчатої очистки поверхневих вод:

- 1 – насосна станція I-го підйому; 2 – мікрофільтри; 3 – хлораторна; 4 – реагентне господарство; 5 – змішувач; 6 – контактний освітлювач; 7 – резервуар чистої води; 8 – насосна станція II-го підйому; 9 – подача вихідної води; 10 – первинне хлорування; 11 – вторинне хлорування; 12 – подача розчинів реагентів (коагулянт, флокулянт); 13 – подача води споживачам; 14 – промивна вода

Маючи позначки рівнів води в окремих елементах технологічної схеми, при якій гарантується її самопливний рух від змішувача до РЧВ, визначають позначки дна споруд по відношенню до поверхні землі. При цьому необхідно враховувати можливість самопливного відводу стічних вод і осадів з усіх

споруд, умови роботи насосів другого підйому і промивних насосів, проведення будівельних робіт і їх обсяг, рівень ґрунтових вод.

На висотній схемі, крім основних споруд, повинні бути показані позначки рівнів розчину коагулянту та інших реагентів в розчинних і витратних баках, позначки осі промивних насосів та насосів для перекачування розчину коагулянту, повітродувок, допоміжної арматури.

Рекомендовані [1] втрати напору є орієнтовними і підлягають уточненню після розрахунку споруд.

У разі, якщо відмітки закладання окремих споруд виявляються сильно заниженими, рекомендується переглянути висотну схему, задавшись новою відміткою рівня води в РЧВ.

### 3 РОЗРАХУНОК СПОРУД РЕАГЕНТНОГО ГОСПОДАРСТВА

*Розрахунок реагентного господарства проводиться згідно рекомендацій [1], пункти розділу 10.4.*

#### 3.1 Споруди для приготування розчину коагулянту

Реагентне господарство включає обладнання для приготування, дозування, складування реагентів.

Для розрахунку числа та розмірів розчинних і витратних баків, в яких готують реагенти, необхідно уточнити склад реагентів і визначити їх дози.

В якості основного реагенту для коагуляції води приймають сірчаноокислий алюміній  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Розрахункові дані реагентів встановлюють за даними пробної обробки води або з досвіду експлуатації аналогічних очисних споруд.

Для орієнтовних розрахунків дозу коагулянту можна визначити для каламутних вод за кількістю завислих речовин згідно таблиці 17 [1].

Розрахункову дозу коагулянту  $D_K$  в перерахунку на безводний сульфат алюмінію або солі тривалентного заліза для знебарвлення коагуляцією забарвлених вод визначають за формулою 5 [1]:

$$D_K = 4\sqrt{3Z_{\text{вих.в}}}, \text{ мг/дм}^3. \quad (3.1)$$

де  $Z_{\text{вих.в}}$  – забарвленість вихідної води, град.

При одночасному вмісті в воді завислих речовин і забарвленості приймається більша з найдених доз коагулянту.

При використанні контактних освітлювачів, або фільтрів які працюють за принципом коагуляції в зоні фільтруючого завантаження, дозу коагулянту слід приймати на 10-15 % менше розрахункової.

Визначають дозу товарного продукту  $D_K^{\text{тов}}$  залежно від вмісту безводної солі  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Загальна добова витрата коагулянту складатиме:

$$G_K = \frac{D_K^{\text{тов}} \cdot Q_{\text{ос}}}{10^6}, \text{ т/добу}. \quad (3.2)$$

Приготування і дозування розчинів коагулянту і флокулянту проводять в спеціальному блоці споруд – реагентному господарстві.

До складу споруд реагентного господарства входять:

- 1) баки (розчинні і витратні) для приготування розчинів коагулянту, вапна, флокулянту та ін.;
- 2) система трубопроводів і насосів для транспортування розчинів;
- 3) система повітропроводів і повітродувок для перемішування і розчинення реагентів;
- 4) механізми для роздрібнення (дроблення) кускового реагенту;
- 5) підйомно–транспортні пристрої для завантаження реагентів в баки;
- 6) мережа внутрішнього водопроводу і каналізації для подачі води і відведення стоків;
- 7) дозуючі пристрої.

У сучасній технології застосовуються три варіанти висотного розташування баків для приготування розчину коагулянту і подачі його в оброблювану воду.

За першим варіантом розчинні й витратні баки розміщують у верхніх поверхах будівлі очисних споруд, а реагенти до них подають підйомником. Через дозуючі пристрої розчини реагентів самотпливом надходять в воду яку очищують. Такі схеми застосовуються для станції продуктивністю (до 3–5 тис. м<sup>3</sup>/добу).

За другим варіантом розчинні баки розміщують внизу, поблизу складів реагентів, а витратні або проміжні баки – у верхніх поверхах. Розчини реагентів перекачують в верхні баки кислотостійкими насосами і після дозуючих пристроїв вони надходять самотпливом в воду.

Приготування розчинів за такою схемою можливо, якщо будівля реагентного господарства має значну висоту і в ньому передбачені підтримуючі конструкції (перекриття, балки) для розташування баків.

За третім варіантом розчинні й витратні баки поміщають в нижніх поверхах очисних споруд. Розчини реагентів за допомогою напірних дозуючих пристроїв подають в трубу, яка підводить воду на очисні споруди.

Ця схема може бути застосована для будь-якої продуктивності станції і є найбільш технологічно прийнятною.

Існує дві схеми зберігання коагулянту – «сухе» (рис. 3.1) і «мокре» (рис. 3.2).

Розчини коагулянтів готують в розчинних баках, звідки їх направляють у витратні баки, де доводять до робочої концентрації. Розрахункову об'єм розчинних баків  $W_{роз}$  визначають залежно від розрахункової витрати оброблюваної води  $q_{ос}$ , максимальної розрахункової дози коагулянту  $D_k$  в перерахунку на безводний продукт (мг/дм<sup>3</sup>), розрахункової концентрації розчину  $b_{роз}$  і кількості годин  $n$ , на яку заготовлюють розчин.

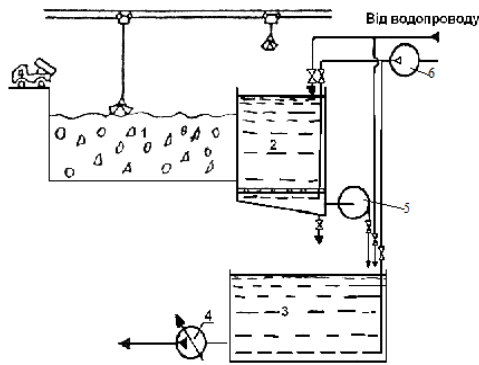


Рисунок 3.1 – Схема «сухого» зберігання коагулянта:  
1 – склад; 2 – розчинний бак; 3 – видатковий бак; 4 – насос-дозатор;  
5 – кислотостійкий насос; 6 – повітродувка

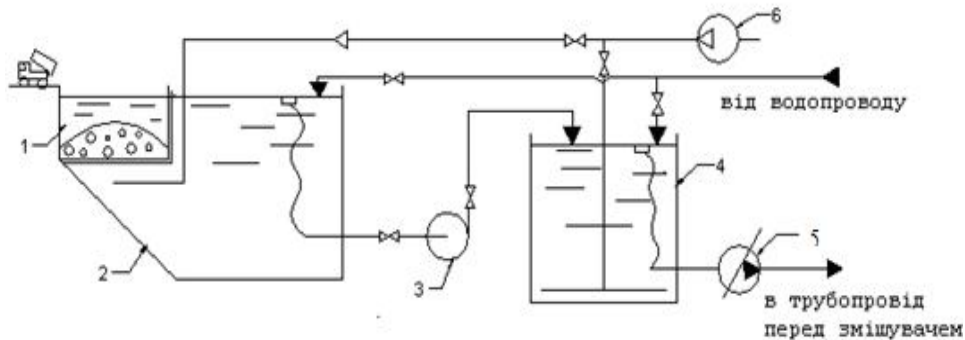


Рисунок 3.2 – Схема «мокрого» зберігання коагулянта:  
1 – розчинний бак; 2 – бак-сховище; 3 – кислотостійкий насос; 4 – видатковий бак;  
5 – насос-дозатор; 6 – повітродувка

Розрахунок споруд коагулянтного господарства проводять в такій послідовності:

1. Об'єм розчинного бака  $W_p$  визначають за формулою:

$$W_p = \frac{D_k \cdot Q_{oc}^y \cdot n_k}{10 \cdot b_p \cdot \rho_p}, \text{ м}^3, \quad (3.3)$$

де  $Q_{oc.год}$  – розрахункова витрата води,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$D_k$  – доза коагулянту в перерахунку на безводний продукт,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;

$b_p$  – концентрація розчину в розчинному баці, яку необхідно приймати від 12 % до 24 % відповідно до технічної документації виробника з урахуванням його розчинності, температури води та умов зберігання, % (у курсовому проекті рекомендується прийняти 17 %);

$\rho_p$  – щільність розчину коагулянту,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (для 17 %-го розчину – 1 190  $\text{кг}/\text{м}^3$ );

$n$  – час, на який готують розчин коагулянту – 10–12 год [1, п. 10.4.9].

Кількість баків повинна бути не менше трьох [1, п. 10.4.9]. Розміри баків приймають конструктивно. Нижню частину баків проектують з похилими стінками під кутом  $45^\circ$  до горизонталі для неочищеного та  $15^\circ$  для очищеного коагулянту. Для зручності спорожнення баків і скидання осаду потрібно передбачати діаметр трубопроводу не менше ніж 200 мм [1, п. 10.4.11].

2. Розраховують об'єм витратних баків:

$$W_{витр} = \frac{W_p \cdot b_p}{b_{витр}}, \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

де  $b_{витр}$  – концентрація розчину в витратному баку, % (5–12 %).

Кількість баків повинна бути не менше двох [1, п. 10.4.9]. Днище витратних баків повинно мати ухил не менше ніж 0,01 до скидного трубопроводу діаметром не менше ніж 200 мм [1, п. 10.4.12]. Розміри приймають конструктивно з урахуванням рекомендацій [1]. Розміри прямокутних і діаметри круглих у плані ємкісних споруд рекомендується приймати кратними 3 м, а по висоті – 0,6 м. При довжині сторони або діаметрі споруд до 9 м включно, а також для ємкісних споруд, вбудованих у будівлі (незалежно від їх розмірів), допускається приймати розміри прямокутних споруд кратними 1,5 м, круглих – 1 м [1, п. 17.2.5].

Добова витрата води на приготування розчину коагулянту складає:

$$Q_{вк} = \frac{G_k \cdot b_{води}}{b_{витр}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (3.4)$$

де  $b_{води}$  – концентрація води для приготування  $b_{витр}$  розчину коагулянту в витратному баку ( $100 - b_{витр}$ ).

**3.** Об'єм баків-сховищ (при «мокрому» зберіганні) визначають в наступній послідовності:

**3.1** Визначають витрату товарного продукту (коагулянту) з умови його зберігання в баках-сховищах протягом певної кількості діб (виходячи з умов поставки і продуктивності станції).

$$P = G_k \cdot T_{зб}, \text{ т}, \quad (3.5)$$

де  $T_{зб.}$  – розрахункова тривалість зберігання розчину коагулянту (приймають 10-30 діб);

**3.2** Визначають об'єм концентрованого розчину, який утворився при розчиненні розрахункової кількості коагулянту:

$$W_{Б-сх} = \frac{P \cdot 100}{b_{Б-сх} \cdot \rho_{Б-сх}}, \text{ м}^3, \quad (3.6)$$

де  $b_{б.-схов.}$  – концентрація розчину в баках-сховищах (у курсовому проекті рекомендується прийняти 17 %);

$\rho_{б.-схов.}$  – щільність розчину коагулянту (для 17 %-го розчину 1 190 кг/м<sup>3</sup>).

**3.3** Приймають розрахункову кількість баків-сховищ – N і визначають об'єм одного бака:

$$W^1_{Б-сх} = \frac{W_{Б-сх}}{N}, \text{ м}^3. \quad (3.7)$$

Розміри баків-сховищ призначають конструктивно [1, п. 17.2.5].

**4.** Склад коагулянту (при сухому «зберіганні») розраховують також за умови його зберігання протягом певної кількості діб:

$$F_{ск} = \frac{D_k \cdot Q_{ос} \cdot T_{зб.} \cdot \alpha}{10 \cdot C \cdot G \cdot h_k}, \text{ м}^2, \quad (3.8)$$



де  $D_k$  – доза коагулянту за безводним продуктом, г/м<sup>3</sup>;  
 $Q_{oc}$  – повна продуктивність очисних споруд, м<sup>3</sup>/добу;  
 $T_{зб.}$  – розрахункова тривалість зберігання розчину коагулянту (15–30 діб);  
 $\alpha$  – коефіцієнт, який вводять для збільшення площі на проходи (1,15)  
 $C$  – вміст безводного продукту в коагулянті;  
 $G$  – насипна маса коагулянту при завантаженні складу навалом (1100 кг/м<sup>3</sup>);  
 $h_k$  – допустима висота шару коагулянту на складі (2 м).

Розміри складу приймають конструктивно.

**5.** Сумарна витрата повітря, вибір типу та кількості повітродувок визначають в такій послідовності:

**5.1** Розрахункова витрата повітря, яку подають у розчинні баки:

$$Q_{вк}^1 = 0,06 \cdot i_{1в} \cdot F_p \cdot n, \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (3.9)$$

де  $i_{1в}$  – інтенсивність подачі повітря в розчинні баки ( $i = 8-10$  л/с·м<sup>2</sup>) [1, п. 10.4.10];

$F_p$  – площа в плані розчинних баків;

$n$  – кількість розчинних баків.

**5.2** Розрахункова витрата повітря, яку подають у витратні баки:

$$Q_{вк}^2 = 0,06 \cdot i_{2в} \cdot F_{витр} \cdot n \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (3.10)$$

де  $i_{2в}$  – інтенсивності подачі повітря в розчинні баки ( $i = 3-5$  л/с·м<sup>2</sup>) [1, п. 10.4.10];

$F_{витр}$  – площа в плані витратних баків;

$n$  – кількість витратних баків.

**5.3** Сумарна витрата повітря:

$$Q_{заг}^{BK} = Q_{вк}^1 + Q_{вк}^2 \text{ м}^3/\text{хв} \quad (3.11)$$

**5.4** Підбирають відповідні повітродувки [10]. Кількість повітродувок розраховують за сумарною витратою повітря але приймають не менше двох (одна резервна). Повітря пропускають по дірчастим трубам з кислотостійких матеріалів зі швидкістю від 10 до 15 м/с. За витратою та швидкістю розраховують діаметр розподільчого повітряного колектору. Швидкість виходу повітря з отворів від 20 до 30 м/с; діаметр отворів 3–4 мм.

**6.** Перекачування розчину коагулянту з розчинних у витратні баки виконують хімічно стійкими насосами [6]. Підбір насосу проводять за умови перекачування коагулянту за одну годину з розчинного баку. Необхідно передбачити резервні насоси. Для транспортування розчину коагулянту потрібно застосовувати з кислотостійкі матеріали та обладнання [1, п. 10.4.16].

**7.** Дозування коагулянту здійснюють дозаторами [7]. Кількість дозаторів залежить від кількості точок вводу коагулянту та продуктивності дозаторів але приймають не менше двох (один резервний).

Підбір насоса-дозатора залежить від його розрахункової продуктивності яку визначають за формулою:

$$Q_{HD} = \frac{W_{випр}}{n_k}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (3.12)$$

### 3.2 Споруди для приготування розчину флокулянту

Найбільшого поширення отримав флокулянт ПАА. Інтенсифікуюча дія ПАА викликана адсорбцією його молекул на частинках суспензії і пластівцях коагулянту, яка веде до їх якнайшвидшого укрупнення, що прискорює осадження.

Флокулянти вводять в воду після коагулянтів з розривом у часі до 2-3 хвилин залежно від якості оброблюваної води [1, п. 10.4.3].

Технічний поліакриламід – прозорий, безбарвний, в'язкий і тягучий гель, що містить 7-9 % полімеру, поставляється і транспортується в бочках ємністю нетто 100-150 кг.

ПАА необхідно застосовувати у вигляді розчину з концентрацією полімеру 0,1-0,5 % [1, п. 10.4.17]. Приготування розчину з технічного ПАА належить проводити в баках з механічними лопатевими мішалками шляхом розчинення у водопровідній воді. Тривалість приготування розчину з ПАА гелю 25-40 хвилин [1, п. 10.4.17].

Схема приготування розчину ПАА представлена на рисунку 3.3.

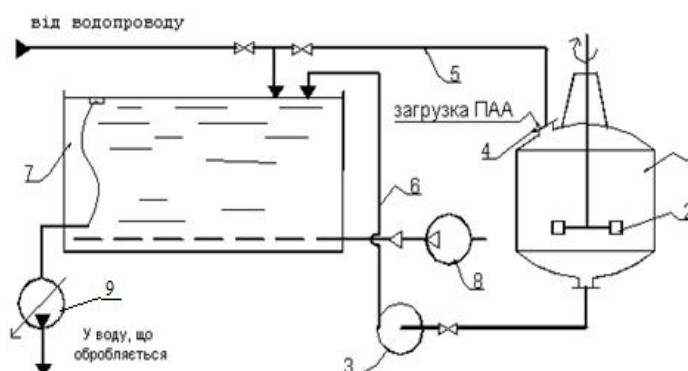


Рисунок 3.3 – Схема приготування розчину ПАА:

- 1 – апарат; 2 – турбіна швидкохідна мішалка; 3 – насос; 4 – люк; 5 – трубопровід для подачі чистої води; 6 – трубопровід для перекачування 1 % -го розчину ПАА;  
7 – видатковий бак; 8 – повітродувка; 9 – насос-дозатор

Розрахунок схеми приготування розчину ПАА ведуть у такій послідовності.

1. Визначають дозу ПАА залежно від основного складу споруд станції і від якості вихідної води [1, 10.4.3].

2. Дозу товарного продукту  $D_{ПАА}^{тов}$ , що містить 7-9 % полімеру, визначають, склавши відповідну пропорцію.

Загальна добова витрата ПАА складатиме:

$$G_{ПАА} = \frac{D_{ПАА}^{тов} \cdot Q_{ос}}{10^6}, \text{ т/добу.} \quad (3.13)$$

3. Визначають об'єм 1 % -го розчину ПАА.

4. Кількість води, необхідної для приготування 0,4 %-го розчину ПАА, визначають за формулою:

$$Q_{ПАА}^{вода} = \frac{G_{ПАА}^{тов} \cdot 99,6}{0,4}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (3.14)$$

а робочий об'єм 0,4 %-го розчину ПАА:

$$Q_{ПАА} = \frac{G_{ПАА}^{вода} \cdot 100}{99,6}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (3.15)$$

5. ПАА завантажують в апарат з турбінною мішалкою об'ємом 6 м<sup>3</sup>. Для прийнятого об'єму необхідно визначити кількість завантажень апарата протягом доби для приготування 1 %-го розчину. Маса одноразового завантаження складатиме:

$$m = \frac{G_{ПАА}^{тов}}{n_{зав}}, \text{ кг}, \quad (3.16)$$

де  $n_{зав}$  – кількість завантажень апарата протягом доби.

6. Кількість витратних баків повинна бути не менше двох. Визначають об'єм витратних баків:

$$W = \frac{Q_{ПАА}}{n \cdot n_{зав}} \text{ м}^3, \quad (3.17)$$

де  $n$  – кількість прийнятих витратних баків.

Розміри в плані приймають довільно.

7. Розрахункова витрата повітря, яке подають у витратні баки для покращення перемішування:

$$Q_{паа} = 0,06 \cdot i_e \cdot F_{витр} \cdot n \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (3.18)$$

де  $i_e$  – інтенсивність подачі повітря у розчинні баки ( $i = 3\text{--}5 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ ) [1, п. 10.4.10];

$F_{витр}$  – площа у плані витратних баків.

Підбирають відповідні повітродувки [10].

8. Для перекачування робочих розчинів ПАА можна застосовувати відцентрові насоси [8].

9. Дозування флокулянту здійснюють дозаторами [7]. Кількість дозаторів приймають не менше двох (один резервний).

10. Кількість бочок, які зберігають на складі, визначають за умови зберігання 15-30 добового запасу реагенту на складі та місткості однієї бочки 150 кг:

$$N = \frac{G_{ПАА}^{тов} \cdot T_{зб}}{150}, \text{ шт.} \quad (3.19)$$

11. ПАА зберігають в закритих приміщеннях при температурі не вище 25-30°C, при цьому не допускають його заморожування. Термін зберігання не більше 6 місяців. Площа складу для ПАА визначають за формулою:

$$F_{\text{ск}} = \frac{N \cdot f \cdot \alpha}{n_{\text{ярус}}}, \text{ м}^2, \quad (3.20)$$

де  $f$  – площа бочки ( $0,6 \text{ м}^2$ );  
 $\alpha$  – коефіцієнт, який вводять для збільшення площі на проходи (1,15)  
 $n_{\text{ярус}}$  – кількість встановлених ярусів бочок ПАА.

### 3.3 Споруди для приготування розчину вапняного молока

Вапно на станціях обробки води для господарсько-питних цілей використовують як для поліпшення процесу утворення пластівців, так і для стабілізаційної обробки води.

1. Введення підлужуючих реагентів в воду пов'язано з тим, що при недостатній лужності води процес утворення пластівців йде незадовільно. Як підлужуючі реагенти використовують гашене вапно  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , або кальциновану соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , які додають в воду в кількості [1, формула (6)]:

$$D_{\text{л}}^1 = K_{\text{л}} \cdot \left( \frac{D_{\text{к}}}{E_{\text{к}}} - L_{\text{заг}} \right) + 1, \text{ мг/дм}^3, \quad (3.21)$$

де  $D_{\text{л}}$  – доза реагенту для підлужування,  $\text{мг/дм}^3$ ;  
 $D_{\text{к}}$  – максимальна, у період підлужування доза безводного коагулянту,  $\text{мг/дм}^3$ ;

$e_{\text{к}}$  – еквівалентна маса коагулянту (безводного),  $\text{мг/мг-екв}$ , приймають для  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – 57,  $\text{FeCl}_3$  – 54,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  – 67;

$K_{\text{л}}$  – коефіцієнт, який приймають для вапна (по  $\text{CaO}$ ) – 28, для соди (за  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) – 53;

$L_{\text{заг}}$  – мінімальна лужність води,  $\text{мг-екв/дм}^3$ .

**Якщо  $D_{\text{щ}} < 0$ , то підлужувати воду не потрібно.**

2. Дозу луку для стабілізаційної обробки води визначають за індексом насичення.

2.1 При відсутності даних технологічних аналізів стабільність води допускається визначити за індексом насичення [1, додаток Г, формула (Г.1)]:

$$I = pH_0 - pH_s, \quad (3.22)$$

де  $pH_0$  – показник концентрації водневих іонів у воді до стабілізаційної обробки, в даному випадку після коагуляційної обробки (розрахунок наведено нижче в пункті 2.2);

$pH_s$  – рН рівноважного насичення води карбонатом кальцію, визначають за номограмою, наведеною на рисунку Г.1 [1, додаток Г], виходячи зі значень вмісту кальцію  $C_{\text{Ca}}$ , загального солевмісту  $P$ , лужності  $L_0$  і температури води  $t^\circ\text{C}$ .

Показник концентрації водневих іонів при рівноважному насиченні води карбонатом кальцію  $pH_s$  визначають на підставі вихідних даних.

2.2 Оскільки вода піддається обробці сульфатом алюмінію, то при підрахунку індексу насичення слід враховувати зниження рН і лужності води внаслідок додавання до неї коагулянту [1, п. Г.3].

Лужність води після коагулювання визначають за формулою:

$$L_K = L_{заг} - \frac{D_K}{e_K}, \text{ мг-екв/дм}^3, \quad (3.23)$$

де  $L_{заг}$  – лужність вихідної води (до коагуляції), мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Кількість вільного двоокису вуглецю у воді після коагулювання  $(CO_2)_{вільн}$  визначають за формулою:

$$(CO_2)_{вільн} = (CO_2)_0 + 44 \cdot \frac{D_K}{e_K}, \text{ мг/дм}^3, \quad (3.24)$$

де  $(CO_2)_0$  – концентрація вуглекислоти у вихідній воді до коагулювання, мг/дм<sup>3</sup>, визначають залежно від рН, солевмісту  $P$ , температури  $t$  °С, лужності вихідної води  $L_0$  за рисунком Г.2 [1, додаток Г].

Величину рН<sub>0</sub> води після обробки коагулянтном визначаємо за номограмою рисунку Г.2 [1, додаток Г], виходячи зі значень лужності води й вмісту в ній двоокису вуглецю після коагулювання.

**2.3** При позитивному індексі насичення для попередження заростання труб карбонатом кальцію воду необхідно оброблювати кислотою (сірчаною, соляною) гексаметафосфатом або триполіфосфатом натрію.

При негативному індексі насичення води карбонатом кальцію для одержання стабільної води потрібно передбачити її обробку лужними реагентами (вапном, содою або цими реагентами спільно) [1, додаток Г, п. Г.5].

Дозу вапна варто визначати за формулою:

$$D_B^2 = 28 \cdot \beta_e \cdot K_t \cdot L_K, \text{ мг/дм}^3, \quad (3.25)$$

де  $D_B$  – доза вапна, мг/дм<sup>3</sup>, розраховуючи на СаО;

$\beta_e$  – коефіцієнт, який визначають за номограмою – рисунок Г.4 [1, додаток Г] залежно від рН води до стабілізаційної обробки (після коагулювання) та індексу насичення  $I$ ;

$K_t$  – коефіцієнт, який залежить від температури води: при  $t = 20^\circ\text{C}$  –  $K_t = 1$ ; при  $t = 50^\circ\text{C}$  –  $K_t = 1,3$ ;

$L_K$  – лужність води до стабілізаційної обробки, мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Якщо за формулою (3.25) доза вапна  $D_B/28$ , ммоль/дм<sup>3</sup>, виходить більше величини  $d_n$ , ммоль/л, яку визначають за формулою Г.6 [1, додаток Г]:

$$d_n = 0,7 \cdot \left[ \frac{(CO_2)_{вільн}}{22} + L_K \right], \quad (3.26)$$

то у воду крім вапна в кількості  $d_n$ , ммоль/л, потрібно вводити також соду, дозу якої необхідно визначити за формулою Г.7 [1, додаток Г]:

$$D_C = (D_B/28 - d_n) \cdot 100, \text{ (мг/дм}^3\text{)}. \quad (3.27)$$

**3.** Таким чином загальна доза вапна дорівнює сумі дози вапна для поліпшення умов процесу утворення пластівців та дози вапна, необхідної для стабілізаційної обробки води:

$$D_B = D_B^1 + D_B^2 \text{ мг/дм}^3. \quad (3.28)$$

**4.** Для перерахування  $D_B$  в масові одиниці технічного продукту ( $D_B^m$ , мг/дм<sup>3</sup>) слід користуватися формулою:

$$D^m_{\text{в}} = D_{\text{в}} \cdot \frac{100}{c_{\text{л}}} \quad (3.29)$$

де  $c_{\text{л}}$  – вміст активної речовини в технічному продукті, %.

Добова витрата товарного вапна:

$$Q_{\text{в}} = D^m_{\text{в}} \cdot Q_{\text{ос}}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (3.30)$$

**5.** На станціях підготовки питної води в якості реагенту для підлужування слід застосовувати вапно у вигляді вапняного молока концентрацією не більше 5 % [1, п. 10.4.21] (у курсовому проекті можна прийняти 3 %).

Вибір технологічної схеми вапняного господарства станції водопідготовки слід проводити з урахуванням якості та виду заводського продукту, потреби у вапні, місця його введення та ін. Приклад схеми вапняного господарства представлено на рисунку 3.4.

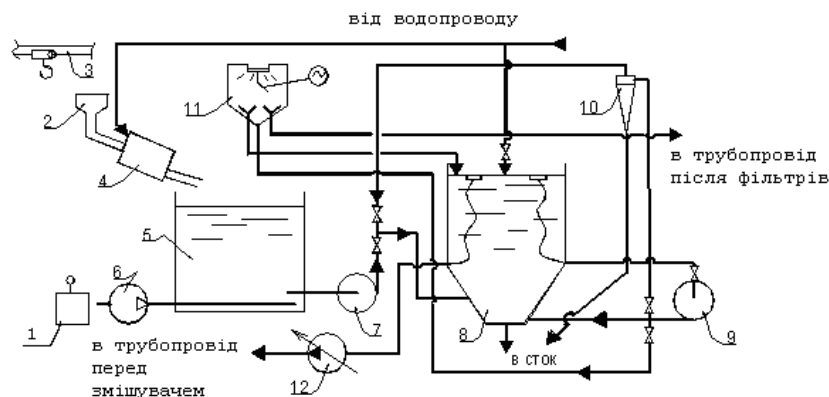


Рисунок 3.4 – Схема приготування вапняного молока:

- 1 – контейнер з вапном; 2 – бункер; 3 – вапногасник; 4 – електрична кран-балка;  
 5 – бак для зберігання 30 %-го вапняного молока; 6 – повітродувка; 7 – насос для перекачування 30 %-го вапняного молока (типу СМ); 8 – гідравлічна циркуляційна мішалка;  
 9 – циркуляційний насос; 10 – гідроциклон; 11 – прийнятий дозатор марки ДІМБА;  
 12 – насос-дозатору

**5.1** Вапно з контейнера надходить у бункер і далі в вапногасник, де відбувається його гасіння. Для кращого розчинення рекомендується приймати термомеханічний вапногасник, продуктивність якого підбирають за добовою витратою товарного вапна [9].

**5.2** Добова масова витрата 30 %-го вапняного молока визначають за формулою:

$$m^{30\%} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{100}{30}, \text{ т/добу}, \quad (3.31)$$

а 3 %-го:

$$m^{3\%} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{100}{3}, \text{ т/добу}. \quad (3.32)$$

При щільності 30 %-го вапняного молока  $\rho = 1,2 \text{ т/м}^3$  його добова об'ємна витрата дорівнює:

$$V^{30\%} = \frac{m^{30\%}}{\rho}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (3.33)$$

а 3 %-го:

$$V^{3\%} = \frac{m^{3\%}}{\rho}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (3.34)$$

де  $\rho$  – щільність 3 %-го вапняного молока, т/м<sup>3</sup>,  $\rho = 1,02$ .

Розміри бака для зберігання 30 %-го вапняного молока приймають конструктивно з урахуванням добової об'ємної витрати.

**5.3** Розрахункова витрата повітря, яке подають в бак для покращення перемішування:

$$Q_{нов} = 0,06 \cdot i_{нов} \cdot F_6, \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (3.35)$$

де  $i_6$  – інтенсивність подачі повітря в розчинні баки ( $i = 8\text{--}10$  л/с·м<sup>2</sup>) [1, п. 10.4.23],

$F_6$  – площа в плані бака для зберігання 30 %-го вапняного молока.

Підбирають відповідні повітродувки [10].

**5.4** Для перекачування вапняного молока застосовують насоси (типу СМ) [11]. З урахуванням резервного кількість насосів приймають не менше двох. Продуктивність насосів підбирають за умови перекачування 30 %-го вапняного молока в гідромішалку за одну годину.

**5.5** У витратних баках вапняного молока слід застосовувати гідравлічне перемішування (за допомогою насосів) або механічне (за допомогою мішалок) [1, п. 10.4.23]. Для установки рекомендують приймати не менше двох гідравлічних циркуляційних мішалок вапняного молока, які працюють по черзі. Параметри гідравлічної циркуляційної мішалки підбирають з урахуванням добової об'ємної витрати 30 %-го вапняного молока [12].

**5.6** При стабілізаційній обробці води для очищення вапняного молока від нерозчинних домішок слід застосовувати вертикальні відстійники або гідроциклони [1, п. 10.4.22] (в курсовому проекті рекомендується застосовувати гідроциклони). Кількість гідроциклонів повинна відповідати кількості гідро мішалок. Продуктивність гідроциклона підбирають на підставі годинної витрати 3 %-го вапняного молока [15], яку визначають за формулою:

$$q_{год} = \frac{V^{3\%}}{24}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.36)$$

**5.7** Приготовлене в гідромішалці 3 %-не вапняне молоко забирають циркуляційним насосом і подають у гідроциклон, укріплений над мішалкою для очищення. З гідроциклона вапняне молоко надходить у конічну частину гідромішалки в кількості 94 % від об'єму гідромішалки ( $V_{гидр}^{94\%}$ ), залишкова частина 6 % йде на злив в каналізацію.

Знаючи об'єм вапна, що надходить з гідромішалки в оброблювану воду визначають кількість разів завантаження в гідромішалку 30 %-го вапняного молока:

$$n_{заван} = \frac{V^{3\%}}{V_{гидр}^{94\%}} \quad (3.37)$$

**5.8** Після очищення в гідроциклоні при безперервній циркуляції вапняного молока в гідромішалці починається подача вапняного молока в дозатор, з якого воно надходить в оброблювану воду [13]. Кількість дозаторів приймають відповідно до кількості гідро мішалок. Якщо крім стабілізаційної обробки необхідно застосування вапняного молока для поліпшення умов утворення пластівців, то передбачають ще по одному насосу-дозатору на гідромішалку, тому що дозування вапна в цьому випадку буде здійснюватися в напірний трубопровід.

**5.9** Як циркуляційний застосовують насос типу СМ [11]. Цей насос створює циркуляцію вапняного молока в гідромішалці, а також подає його в дозатор. Швидкість висхідного потоку в гідромішалці повинна бути не менше 5 мм/с [1, п. 10.4.23] або 18 м/год. Для прийнятого насоса швидкість висхідного потоку:

$$W_{\text{ван}} = \frac{Q_{\text{ван}}}{F_{\text{гидр}}}, \text{ м/год}, \quad (3.38)$$

де  $Q_{\text{ван}}$  – витрата вапняного молока, яке подається в гідромішалку, дорівнює продуктивності циркуляційного насоса за винятком витрати вапняного молока, що подають в оброблювану воду:

$$Q_{\text{ван}} = Q_n - q_{\text{год}}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.39)$$

$F_{\text{гидр}}$  – площа перерізу гідромішалки,  $\text{м}^2$ .

**5.10** Визначають кількість води, яка необхідна для приготування 3 %-го вапняного молока:

$$Q_{\text{вл}} = \frac{Q_v \cdot 97}{3}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (3.40)$$

**5.11** Вапно на станцію привозять в контейнерах. Контейнери мають об'єм 5,1  $\text{м}^3$  (довжина 2100, ширина 1325 і висота 2440 мм). Площа складу для зберігання контейнерів, в яких поставляється вапно, з урахуванням 15-добового запасу (постачальник перебуває поблизу станції) визначають за формулою:

$$F_{\text{ск}} = \frac{N \cdot f \cdot \alpha}{n_{\text{ярус}}}, \text{ м}^2, \quad (3.41)$$

де  $N$  – кількість контейнерів;

$f$  – площа контейнеру (0,6  $\text{м}^2$ );

$\alpha$  – коефіцієнт який вводять для збільшення площі на проходи (1,15);

$n_{\text{ярус}}$  – кількість встановлених ярусів контейнерів.

#### 4 УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РЕАГЕНТА-ОКИСНЮВАЧА

Згідно з [1, п. 10.4.5] дози реагентів-окиснювачів і послідовність введення їх у воду рекомендується встановлювати на основі технологічних досліджень, для орієнтовних розрахунків слід приймати за [1, п. 10.19.2, 10.19.3].



Найбільш розповсюдженим залишається застосування хлорвмісних реагентів. Хлор використовують у газоподібному стані та у вигляді сполук (хлорне вапно, гіпохлорити та ін.). Знезараження води може бути також досягнуто озонуванням або дією на неї бактерицидних променів, які представляють частину ультрафіолетового спектра.

Вибір методу знезараження води слід проводити з урахуванням витрат і якості води, ефективності її очистки, умов поставки, транспорту, зберігання реагентів, можливості автоматизації процесів і механізації трудомістких робіт.

#### 4.1 Розрахунок хлораторної установки для дозування рідкого хлору

Зазвичай на очисних спорудах хлор вводять в два етапи.

Перший – попереднє хлорування для поліпшення коагуляції і знебарвлення води, а також для поліпшення санітарного стану споруд. Доза хлору при попередньому хлоруванні  $D_{cl}^1 = 3\text{--}10 \text{ мг/дм}^3$  [1, п. 10.4.4]. Хлор рекомендується вводити за 1–3 хвилини до введення коагулянтів [1, п. 10.4.5].

Другий – власне знезараження. Дозу активного хлору слід приймати для поверхневих вод після фільтрування  $D_{cl}^2 = 2\text{--}3 \text{ мг/дм}^3$ , для вод підземних джерел –  $0,7\text{--}1 \text{ мг/дм}^3$  [1, п. 10.18.8]. При цьому концентрація залишкового хлору у воді повинна відповідати [4], тобто бути  $\leq 0,5 \text{ мг/дм}^3$ .

Хлорування води здійснюють за допомогою хлор-газу, який поставляють і зберігають в зрідженому стані в стандартних сталевих балонах.

Для дозування в воду хлору необхідні спеціальні апарати – так звані хлоратори [14].

Для установки хлораторів на водоочисних станціях влаштовують спеціальні приміщення, так звані хлораторні. При продуктивності хлораторної більше  $250 \text{ кг/добу}$  приміщення повинно бути розділене глухою стіною на дві частини (власне хлораторну і апаратну) з самостійними запасними виходами назовні з кожної.

Кількість хлораторів має бути не менше двох. При кількості робочих хлораторів до чотирьох передбачають один резервний, а більше п'яти – два резервних.

У хлораторній розміщують витратні хлорні балони або бочки, які встановлюють на спеціальні ваги для додаткового контролю за витратою хлору. Між витратним хлорним балоном і хлоратором розміщують проміжний балон для очищення хлору від забруднень.

В апаратній розміщують хлоратори і проміжні хлорні балони.

Послідовність розрахунку хлораторної установки:

1. Розрахункова годинна витрата хлору для хлорування води в два етапи:

$$Q_{cl} = \frac{Q_{oc} \cdot (D_{cl}^1 + D_{cl}^2)}{1000}, \text{ кг/год}, \quad (4.1)$$

де  $Q_{oc}$  – витрата води,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$D_{cl}^1, D_{cl}^2$  – доза хлору відповідно для попереднього і вторинного хлорування,  $\text{мг/дм}^3$ .

2. Здійснюють підбір хлораторів для дозування хлору [14]. Приймають необхідну кількість робочих і резервних хлораторів. За кількістю хлораторів приймають відповідну кількість проміжних хлорних балонів.

3. В хлораторній встановлюють сталеві бочки-випаровувачі. Кількість бочок:

$$n_{\text{б}} = Q_{cl} \cdot q_{\text{б}}, \text{ шт.}, \quad (4.2)$$

де  $q_{\text{б}}$  – вихід хлору з однієї бочки за годину:

$$q_{\text{б}} = F_{\text{б}} \cdot S_{cl}, \text{ кг/год} \quad (4.3)$$

де  $S_{cl}$  – вихід хлору з 1 м<sup>2</sup> бокової поверхні бочки, становить 3 кг/год;  
 $F_{\text{б}}$  – бокова поверхня бочки, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{б}} = D_{\text{б}} \cdot l \cdot \pi, \text{ м}^2, \quad (4.4)$$

де  $l, D_{\text{б}}$  – відповідно довжина і внутрішній діаметр бочки, м, приймають за таблицею 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика бочок (контейнерів) для рідкого хлору

Параметр	Об'єм бочки, л		
	500	800	1000
Маса тари, кг	428	660	970
Маса рідкого хлору, кг	640	1000	1250
Об'єм рідкого хлору, л	410	600	800
Робочий тиск, кгс/см <sup>2</sup>	15	15	15

4. Для поповнення витрати хлору з бочки його переливають зі стандартних балонів ємністю 55 л, створюючи розрідження в бочках шляхом відсмоктування хлор-газу ежектором. Цей захід дозволяє збільшити кількість хлору ( $S_{cl}$ ) до 5 кг/год з одного балона і, отже, скоротити кількість одночасно діючих витратних балонів:

Добова потреба в балонах з рідким хлором:

$$N_{\text{б}} = \frac{24 \cdot Q_{cl}}{55}, \text{ шт.}, \quad (4.5)$$

де 55 – об'єм одного балона, л.

5. Для забезпечення вагового контролю витрати хлору кожен бочку-випарник в горизонтальному положенні розміщують на платформі ваг.

6. Визначення кількості балонів, що розміщуються на складах.

6.1 При добовій витраті хлору більше трьох балонів, при хлораторній треба передбачити зберігання тридобового запасу хлору:

$$n_{\text{бал}} = 3 \cdot N_{\text{бал}}, \text{ шт.} \quad (4.6)$$

6.2 Основний запас хлору зберігають за межами очисної станції на витратному складі, який розраховують на місячну потребу в хлорі:

$$N_{\text{б}}^{\text{скл}} = \frac{24 \cdot Q_{cl} \cdot 30}{55}, \text{ шт.} \quad (4.7)$$

7. Кількість води, яка необхідна для роботи хлораторів первинного хлорування, визначають за формулою:

$$Q_{1cl} = \frac{Q_{oc} \cdot D_{1cl} \cdot K_{cl}}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (4.8)$$

де  $K_{cl}$  – розрахункова витрата води для роботи хлораторів, приймають  $0,7 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ кг}$  хлору.

**8.** Кількість води, яка необхідна для роботи хлораторів вторинного хлорування, визначають за формулою:

$$Q_{2cl} = \frac{D_{2cl}(Q + Q_{вк} + Q_{виц} + Q_{внаа} + Q_{1x}) \cdot K_{cl}}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (4.9)$$

#### 4.2 Розрахунок установок для озонування води

Застосування озону для знезараження води допускається при обґрунтуванні. При проектуванні озонаторних установок слід передбачати прилади для синтезу озону і змішання озоно-повітряної суміші з водою. Необхідну дозу озону для знезараження слід приймати: для вод підземних джерел –  $0,75\text{--}1 \text{ мг/дм}^3$ , для фільтрованої води –  $1\text{--}3 \text{ мг/дм}^3$ .

Розрахунок установки ведуть в такій послідовності:

**1.** Розрахункова витрата озону:

$$Q_{oz} = \frac{Q_{oc} \cdot D_{oz}}{1000}, \text{ кг/добу}, \quad (4.10)$$

де  $Q_{oc}$  – розрахункова витрата води,  $\text{м}^3/\text{добу}$ .

$D_{oz}$  – доза озону,  $\text{мг/дм}^3$ .

**2.** За розрахованою витратою озону підбирають озонатор [14]. Необхідно також передбачити один резервний озонатор на таку ж продуктивності.

**3.** Кількість сухого повітря, необхідного для електросинтезу:

$$Q_v = \frac{G_{oz} \cdot 1000}{K_{oz}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.11)$$

де  $G_{oz}$  – продуктивність одного озонатора,  $\text{кг/год}$ ;

$K_{oz}$  – коефіцієнт вагової концентрації озону,  $K_{oz} = 20 \text{ г/м}^3$ .

**4.** Загальна витрата охолоджуваного повітря:

$$V_v^{заг} = N \cdot Q + 360, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.12)$$

де  $360$  – витрата повітря на регенерацію адсорберів АГ–50;

$N$  – кількість робочих озонаторів.

За даним витрати повітря здійснюють підбір водокільцевих повітродувок.

**5.** Першу ступінь осушення повітря здійснюють за допомогою холодильного агрегату марки АК–ФВ–30/15, продуктивність за холодом  $7000 \text{ ккал/год}$ . Друга ступінь осушення повітря – адсорбуюча установка. Після охолодження і осушення у холодильнику повітря надходить на остаточну досушку до адсорбера автоматичної дії марки АГ–50.

**6.** Розрахунок контактної камери для змішування озоно-повітряної суміші з водою виконують в такій послідовності:

**6.1** Розраховують необхідну площу поперечного перерізу контактної камери в плані:

$$F_k = \frac{Q_{oc} \cdot T}{N \cdot n}, \text{ м}^2, \quad (4.13)$$

де  $Q_{oc}$  – розрахункова витрата води, м<sup>3</sup>/год;  
 $T$  – тривалість контакту озону з водою, приймають в межах 5–10 хвилин;  
 $n$  – кількість контактних камер, мінімальна кількість – 2;  
 $N$  – глибина шару води в контактній камері, приймають зазвичай 4–5 м.  
Камеру приймають прямокутною в плані, розміри – довільно.

**6.2** Для рівномірного розпилювання озono-повітряної суміші біля дна контактної камери розміщують перфоровані труби. Каркасом служить труба з нержавіючої сталі (зовнішній діаметр  $d_n = 57$  мм, внутрішній –  $d_v = 49$  мм) з отворами діаметрів 4–6 мм. На неї надівають фільтросні труби – блок довжиною  $l = 500$  мм, внутрішнім діаметром 64 мм, зовнішнім – 92 мм.

Кількість озонованого повітря, що подається розподільними трубами:

$$q_{oz.v} = \frac{Q_{oc} \cdot \alpha}{3600}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.14)$$

де  $\alpha$  – відношення об'єму газової суміші до об'єму оброблюваної води, зазвичай приймають 0,27; 0,5; 1;

$Q_{oc}$  – годинна витрата очисних споруд, м<sup>3</sup>/год.

При прийнятих розмірах камери в плані, приймають кількість магістральних розподільних труб ( $N_{mp}$ ) і кількість блоків на кожній розподільній трубі.

Перевіряють швидкість руху повітря у трубопроводі ( $v = 10\text{--}15$  м/с):

$$v = \frac{q_{mp}}{f_{mp}}, \text{ м/с}, \quad (4.15)$$

де  $q_{mp}$  – витрата озонованого повітря, що припадає на живий перетин кожної труби:

$$q_{mp} = \frac{q_{oz.v}}{N \cdot n}, \text{ м}^3/\text{с}; \quad (4.16)$$

$f_{mp}$  – площа поперечного перерізу магістральної розподільчої труби, м<sup>2</sup>, при  $d_{vn} = 49$  мм  $f_{mp} = 0,00188$  м<sup>2</sup>.

## 5 РОЗРАХУНОК ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗМІШУВАЧА

*Розрахунок змішувачів проводиться згідно рекомендацій [1] пункти розділу 10.5.*

Для рівномірного розподілу реагенту в об'ємі оброблюваної води перед водоочисними спорудами встановлюють змішувальні пристрої.

Процес змішування необхідно закінчити до моменту утворення пластівців у всій масі води. При розрахунку змішувачів час змішування приймається не більше двох хвилин. Кількість змішувачів (секцій) слід передбачати: не менше двох і без резервування, з можливістю відключення їх у періоди інтенсивного утворення пластівців осаду [1, п. 10.5.5].

Вертикальний (вихровий) змішувач являє собою круглий або квадратний (в плані) резервуар з конічною або пірамідальною нижньою частиною (рис. 5.1).

Вертикальний змішувач рекомендують застосовувати на станціях середньої і великої продуктивності. На один вертикальний змішувач має надходити не більше 1200-1500 м<sup>3</sup>/год оброблюваної води. Вертикальні змішувачі, незалежно від продуктивності станції, застосовують в разі використання вапняного молока. Цей тип змішувача забезпечує найбільш повне розчинення частинок вапна.

Площа горизонтального перетину в верхній частині змішувача:

$$f_{\theta} = \frac{Q_{роз}^{зм}}{V_{\theta} \cdot n}, \text{ м}^2, \quad (5.1)$$

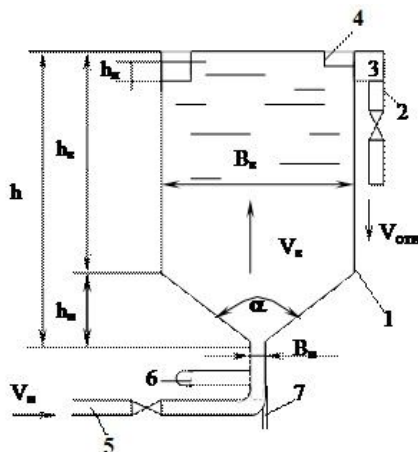


Рисунок 5.2 – Схема вихрового змішувача: 1– корпус; 2 – відвід води; 3 – збірний карман; 4 – збірний лоток; 5 – подача води; 6 – введення реагентів; 7 – скид в каналізацію

де  $Q_{роз}^{зм}$  – розрахункова секундна витрата води яка подається в змішувач, м<sup>3</sup>/сек, знаходиться за формулою (5.1);

$V_{\theta}$  – швидкість висхідного руху води, приймається рівною 30-40 мм/сек [1, п. 10.5.6];

$n$  – кількість змішувачів.

Якщо прийняти верхню частину змішувача квадратною в плані, то сторона її матиме розмір:

$$B = \sqrt{f_{\theta}}, \text{ мм}. \quad (5.2)$$

Діаметр вхідного отвору змішувача приймають рівним діаметру труби, яка підводить воду. Визначають діаметр виходячи з секундної витрати води ( $Q_{роз}^{зм}$ ), яка потрапляє в змішувач, і вхідної швидкості  $V_{\theta} = 1,2-1,5$  м/с за таблицями [5]. Розмір в плані нижньої частини змішувача дорівнює зовнішньому діаметру вхідного отвору.

Висоту нижньої (пірамідальної) частини змішувача при куті конусності  $\alpha = 30-45^{\circ}$  [1, п.10.5.6] визначають за формулою:

$$h_{\theta} = \frac{(B_{\theta} - b_{\theta})}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \text{ м}, \quad (5.3)$$

де  $B_{\theta}$ ,  $b_{\theta}$  – розміри сторін у верхній і нижній частинах змішувача, м.

Об'єм пірамідальної частини змішувача:

$$W_{\theta} = \frac{1}{3} \cdot h_{\theta} \cdot (f_{\theta} + f_{\theta} + \sqrt{f_{\theta} \cdot f_{\theta}}), \text{ м}^3, \quad (5.4)$$

де  $f_v, f_n$  – площі перерізу у верхній і нижній частинах змішувача, м<sup>2</sup>.  
Повний об'єм змішувача:

$$W = \frac{Q_{\text{зод}} \cdot t}{60 \cdot n}, \text{ м}^3, \quad (5.5)$$

де  $t$  – тривалість змішування реагенту з масою води, приймають від 1,5 до 2 хвилин включно [1, п.10.5.6].

Об'єм верхньої частини змішувача:

$$W_v = W - W_n, \text{ м}^3. \quad (5.6)$$

Висота верхньої частини змішувача:

$$h_v = \frac{W_v}{f_v}, \text{ м}. \quad (5.7)$$

Повна висота змішувача:

$$h = h_v + h_n, \text{ м}. \quad (5.8)$$

Збір води проводять у верхній частині змішувача периферійним лотком через затоплені отвори. Швидкість руху води в лотку приймають  $V_{\text{л}} = 0,6$  м/с. Вода, що протікає в напрямку бічної кишені, розділяється на 2 паралельні потоки, тому розрахункова витрата кожного потоку дорівнює:

$$q_{\text{тр}} = \frac{q_{\text{зод}}}{2}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (5.9)$$

Площа живого перетину збірної лотка:

$$\omega_{\text{тр}} = \frac{q_{\text{тр}}}{V \cdot 3600}, \text{ м}^2, \quad (5.10)$$

де  $V$  – швидкість руху води в лотку, м/с.

Площу затоплених отворів в стінках збірної лотка визначають за формулою (5.6).

Кількість отворів визначають за формулою (5.7). Отвори розташовують у два ряди з кожної сторони труби.

Перевищення рівня води в змішувачі над віссю збірної труби при її роботі повним перерізом:

$$H_m = (\xi_m + \xi_{\text{тр}}) \frac{v_{\text{тр}}^2}{2g}, \text{ м}, \quad (5.11)$$

де  $\xi_m$  – коефіцієнт опору перфорованої ділянки труби, дорівнює 6,5;

$\xi_{\text{тр}}$  – сумарний коефіцієнт місцевих опорів (вхід у трубу – дорівнює 1, втрати на виході з труби в бічний карман – дорівнює 1).

Відстань від дна труби до дна збірної карману:

$$H_{\text{кар}} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{\text{кар}}^2}{g \cdot b^2}} + 0,2, \text{ м}, \quad (5.12)$$

де  $q_{\text{кар}}$  – витрата води у кишені, м<sup>3</sup>/с (розрахункова витрата одного змішувача);

$b$  – ширина карману, м, приймається  $B = 0,7$ .

Швидкість у відвідній трубі приймають 0,6–1 м/с [1, п.10.5.11], час перебування  $\leq 1,5$  хв. Визначаємо діаметр трубопроводу та втрати напору на ділянці від змішувача до наступної споруди.

## 6 РОЗРАХУНОК КАМЕРИ УТВОРЕННЯ ПЛАСТІВЦІВ

*Розрахунок камери утворення пластівців проводиться згідно рекомендацій [1] пункти розділу 10.7.*

Камери утворення пластівців призначені для протікання в них фізико-хімічних процесів, які обумовлюють утворення великих, міцних пластівців гідроксидів алюмінію або заліза, які вилучають з води домішки.

Камери утворення пластівців застосовують в технологічних схемах очищення води з вертикальними і горизонтальними відстійниками.

Для попередження руйнування пластівців, що сформувалися в камерах утворення пластівців, рекомендується влаштовувати їх прилеглими до відстійників або вбудованими в них.

Перед горизонтальними відстійниками рекомендується влаштовувати камери утворення пластівців перегородчасті, вихрові, вбудовані з шаром завислого осаду.

### *Розрахунок камери утворення пластівців із шаром завислого осаду*

Такі камери утворення пластівців влаштовують безпосередньо в передній частині горизонтальних відстійників (рисунок 6.3).

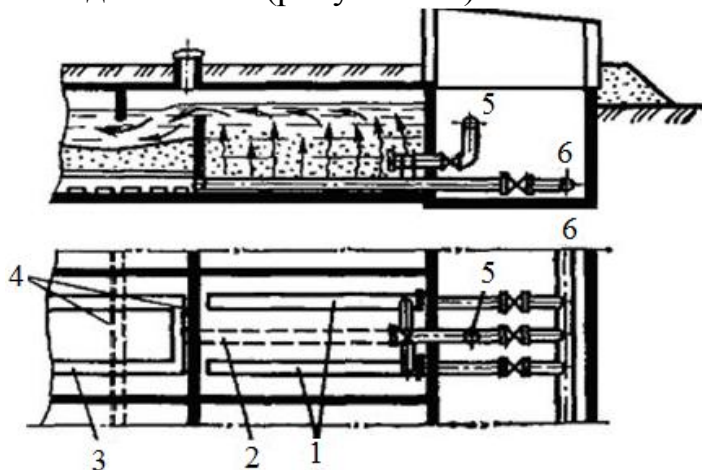


Рисунок 6.1 – камери утворення пластівців із шаром завислого осаду:

- 1 – розподільчі дірчасті труби; 2 – труба скидання осаду з відстійника;
- 3 – короб для скидання осаду; 4 – вертикальні перегородки (відбійна стінка);
- 5 – підведення води; 6 – скидання осаду

Площа всіх камер утворення пластівців:

$$\Sigma F_K = \frac{Q_K}{3,6 \cdot V}, \text{ м}^2, \quad (6.1)$$

де  $v$  – швидкість висхідного потоку води у верхньому перетині вбудованої камери утворення пластівців, дорівнює 0,65–1,6 мм/с при освітленні вод

середньої каламутності (300–600 мг/дм<sup>3</sup>) або 0,8–2,2 мм/с при освітленні каламутних вод [1, п.10.7.6].

Кількість камер приймають за кількістю горизонтальних відстійників. Площа однієї камери:

$$F_K = \frac{\Sigma F_K}{n}, \text{ м}^2, \quad (6.2)$$

Ширину камери  $b_K$  приймають рівною ширині відстійника. Довжину камери визначають за формулою:

$$l_K = \frac{F_K}{b_K}, \text{ м}, \quad (6.3)$$

Висота камери:

$$h_K = h_{відс} + h_n, \text{ м}, \quad (6.4)$$

де  $h_{відс}$  – висота відстійника, м;

$h_n$  – втрати напору в камері,  $h_n = 0,1–0,2$  м.

Витрата води, яка припадає на кожну камеру:

$$q_{кам} = \frac{Q_K \cdot 1000}{3600 \cdot n}, \text{ л/с}, \quad (6.5)$$

де  $n$  – кількість камер.

Оброблювана вода по площі камери розподіляється перфорованими трубами через отвори, які спрямовані горизонтально. У кожній камері розміщують перфоровані труби. Відстань між ними слід приймати 2 м, від стінки камери – 1 м [1, п.10.7.6]. Кількість труб розподільчої системи визначають конструктивно.

Визначають діаметр дірчастих труб, виходячи з швидкості руху води в них  $V_{тр} = 0,5–0,6$  м/с та розрахункової витрати [5].

Розрахункову сумарну площу отворів, розташованих на одній розподільній трубі, слід приймати від 30 % до 40 % площі перетину самих труб.

$$\Sigma f_{отв} = 0,4 \cdot \omega_{тр}, \text{ м}^2, \quad (6.6)$$

Кількість отворів на одному трубопроводі:

$$n = \frac{\Sigma f_{отв}}{f_{отв}} \quad (6.7)$$

де  $d_{отв}$  – діаметр отворів, приймають не менше 25 мм [1, п.10.7.6].

Крок між отворами дорівнює:

$$l = \frac{L_K}{2 \cdot n}, \text{ м}, \quad (6.8)$$

де 2 – кількість рядів.

## 7 РОЗРАХУНОК ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВІДСТІЙНИКІВ

Розрахунок горизонтального відстійника проводиться згідно рекомендацій [1] пункти розділу 10.9.



У практиці водопідготовки для виділення з води завислих речовин перед надходженням їх на фільтри застосовують освітлювачі з шаром зваженого осаду, горизонтальні, вертикальні і радіальні відстійники, які названі так по напрямку в них потоку води.

Принцип дії відстійників полягає в тому, що завдяки надходженню через вузький отвір і сповільненого протіканню води в відстійнику основна маса завислих частинок осідає на дно, однак найдрібніші частинки, в тому числі і значна частина мікроорганізмів, не встигає осісти. Процес відстоювання у відстійниках різної конструкції триває протягом 2–4–8 годин. Вміст завислих речовин у воді після відстійників не повинен перевищувати 8-15 мг/дм<sup>3</sup>.

Горизонтальні відстійники застосовують на станціях господарсько-питного та промислового водопостачання продуктивністю більше 30 – 50 тис. м<sup>3</sup>/добу при видаленні з води коагульованої суспензії. Схема горизонтального відстійника подана на рисунку 7.1.

Горизонтальний відстійник – це басейн прямокутної форми довжиною  $L$ , шириною  $B$  і глибиною  $H$ . Вода підходить з одного торця басейну, проходить уздовж зони осадження 1 відстійника і відводиться з протилежного торця. Нижче глибини  $H$  в відстійнику розташована зона накопичування 2, у якій збирається та ущільнюється осад. Дно відстійника має ухил, зворотній до течії води, не менше 0,02.

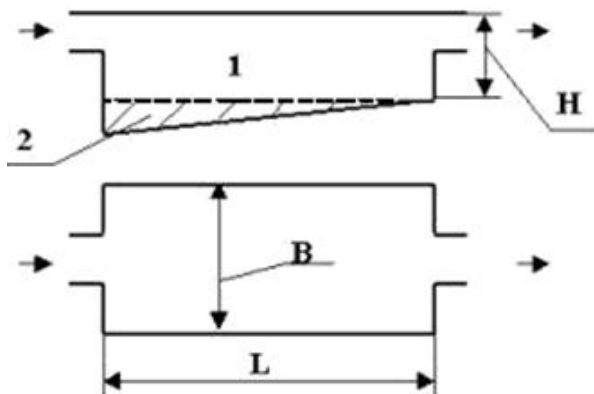


Рисунок 7.1 – Схема горизонтального відстійника

### 7.1 Розрахунок кількості води, яка скидається з осадом

Об'єм зони накоплення і ущільнення осаду:

$$W_{oc} = \frac{Q_{\phi} \cdot T_p \cdot (C_v - M_{ocv})}{N_p \cdot \delta}, \text{ м}^3, \quad (7.1)$$

де  $Q_{\phi}$  – розрахункова годинна витрата води, м<sup>3</sup>/год (для попереднього розрахунку – це кількість води яка надходить на фільтри формула (8.12));

$T_p$  – період роботи відстійника між скиданнями осаду, доба;

$M_{ocv}$  – каламутність води, яка виходить з відстійника, мг/дм<sup>3</sup>, приймають 8–15 мг/дм<sup>3</sup>;

$N_p$  – кількість відстійників (для попереднього розрахунку приймають згідно кількості фільтрів).

$\delta$  – середня за висотою осадової частини концентрація твердої фази в осаді, мг/дм<sup>3</sup>, приймають за таблицею 19 [1];

$C_{\text{в}}$  – концентрація завислих речовин у воді, яка надходить у відстійник, визначають за формулою (10) [1]:

$$C_{\text{в}} = M_{\text{max}} + K_{\text{к}} \cdot D_{\text{к}} + 0,25 \cdot Z + B_{\text{и}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (7.2)$$

де  $M$  – каламутність вихідної води, мг/дм<sup>3</sup>;

$D_{\text{к}}$  – доза коагулянту за безводним продуктом, мг/дм<sup>3</sup>;

$K_{\text{к}}$  – коефіцієнт, який приймають для  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – 0,5, для  $\text{FeCl}_3$  – 0,7;

$Z$  – забарвленість оброблювальної води, град;

$B_{\text{в}}$  – кількість нерозчинених речовин, що вводять з вапном при підлужуванні води, визначають за формулою (11) [1]:

$$B_{\text{в}} = (1 - K_{\text{в}}) \cdot D_{\text{в}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (7.3)$$

де  $D_{\text{в}}$  – доза вапна за  $\text{CaO}$ , мг/дм<sup>3</sup>;

$K_{\text{в}}$  – вміст  $\text{CaO}$  у вапні, приймають 0,4.

Об'єм осаду, який накопився в усіх відстійниках за добу, розраховують за формулою:

$$W = N_{\text{р}} \cdot W_{\text{ос}} \quad (7.4)$$

Кількості води, яку скидають з осадом:

$$Q_{\text{о.в.}} = W \cdot K_{\text{р}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (7.5)$$

де  $K_{\text{р}}$  – коефіцієнт розбавлення осаду водою [1, п.10.9.9].

## 7.2 Визначення розмірів та кількості горизонтальних відстійників

Визначають сумарну площу горизонтальних відстійників в плані визначають за формулою (12) [1]:

$$F_{\text{з.в.}} = \frac{\alpha_{\text{об}} \cdot Q_{\text{зв}}}{3,6 \cdot U_0}, \text{ м}^2, \quad (7.6)$$

де  $U_0$  – швидкості випадання суспензії, мм/с, приймають відповідно до таблиці 18 [1];

$\alpha_{\text{об}}$  – коефіцієнт об'ємного використання відстійників, приймають 1,3;

$Q_{\text{зв}}$  – розрахункова годинна витрата води, яка припадає на всі відстійники, м<sup>3</sup>/год, розраховують за формулою:

$$Q_{\text{зв}} = Q_{\text{ф}} + Q_{\text{в.о.}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (7.7)$$

де  $Q_{\text{ф}}$  – кількість води, яку подають на фільтри, м<sup>3</sup>/год, розраховують за формулою (8.12);

$Q_{\text{в.о.}}$  – кількість води, яку скидають з осадом з відстійника, м<sup>3</sup>/год, розраховують за формулою (7.5);

Довжину відстійників визначають за формулою (13) [1, п.10.9.2]:

$$L = \frac{H_{\text{ср}} \cdot V_{\text{ср}}}{U_0}, \text{ м}, \quad (7.8)$$

де  $H_{\text{ср}}$  – середня глибина зони осадження, рекомендовано приймати в межах 2,5–3,5 м;

$v_{\text{ср}}$  – середня швидкість горизонтального руху води на початку відстійника, мм/с, приймають в межах:

6–8 мм/с – для води каламутністю до 50 мг/дм<sup>3</sup>;

7–10 мм/с – для води каламутністю 50–250 мг/дм<sup>3</sup>;

9–12 мм/с – для води каламутністю  $\geq 250$  мг/дм<sup>3</sup>;

Розміри прямокутних ємкісних споруд рекомендується приймати кратними 3 м [1, п. 17.2.5].

Ширина відстійників:

$$B = F_{2\phi} : L, \text{ м.} \quad (7.9)$$

Відстійник слід розділити поздовжніми перегородками на самостійно діючі секції шириною не більше 6 м. При кількості секцій менше шести потрібно передбачати одну резервну [1, п.10.9.2].

Визначають кількість відстійників:

$$N_p = B : b. \quad (7.10)$$

Висота зони накопичення осаду:

$$H_{з.н} = \frac{Q_{ос}}{L \cdot B}, \text{ м.} \quad (7.11)$$

Середню глибину відстійника  $H$  визначають за формулою:

$$H = H_{ср} + H_{з.н}, \text{ м.} \quad (7.12)$$

Будівельну висоту відстійника  $H_{б.уд}$ , визначають за формулою:

$$H_{б.уд} = H + h_{\phi}, \text{ м,} \quad (7.13)$$

де  $h_{\phi}$  – перевищення будівельної висоти над розрахунковим рівнем води, приймають не менше ніж 0,3 м [1, п.10.9.8].

Будівельну висоту приймають таким чином, щоб ця величина була кратна 0,6 м [1, п.17.2.5].

Уклон дна відстійника приймають не менше 0,005 [1, п.10.9.9].

Площу однієї секції в плані визначають за формулою:

$$F_1 = L \cdot B, \text{ м}^2. \quad (7.14)$$

### 7.3 Розрахунок системи видалення осаду

Горизонтальні відстійники слід проектувати з механічним, гідравлічним видаленням осаду (без відключення подачі води у відстійник) або передбачати в них гідравлічну систему змиву осаду з періодичним відключенням подачі води у відстійник (у випадку освітлення каламутних вод з утворенням малорухомих осадів) [1, п.10.9.3].

Для гідравлічного видалення осаду слід передбачати збірну систему з перфорованих труб, яка забезпечує видалення його протягом 20–30 хвилин. Відстань між осями дренажних труб слід приймати не більше 3 м, а відстань їх від стін відстійника – не більше 1,5 м. Швидкість руху осаду в кінці труб слід приймати не менше 1 м/с; в отворах – 1,5–2 м/с; діаметр отворів не менше 25 мм, відстань між отворами – 300–500 мм. Отвори слід розташовувати в шаховому порядку вниз під кутом 45° до осі труби.

Відношення сумарної площі отворів до площі перетину труб слід приймати 0,5–0,7.

Кількість осаду, яку видаляють з кожного відстійника за одну чистку, визначають за формулою:

$$P_{oc} = \frac{Q_{zv} \cdot T_p \cdot (C_v - M_{ocv})}{N_p \cdot 1000 \cdot 1000}, \text{ т.} \quad (7.15)$$

Витрата осаду, який скидають дірчастою трубою, розташованою в кожному коридорі відстійника:

$$q_{oc} = \frac{K_p \cdot P_{oc} \cdot 100\% \cdot 16,7}{2 \cdot P_t \cdot t}, \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (7.16)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт розведення, приймають при гідравлічному видаленні осаду 1,5;

$n$  – кількість труб, розташованих в одному відстійнику;

$P_t$  – середній вміст твердої речовини в осаді, %, приймають 5 %;

$t$  – тривалість скидання осаду, дорівнює 20–30 хвилин.

За таблицею [5], вибирають діаметр труби при швидкості руху осаду в кінці труб не менше 1 м/с.

Діаметр отворів приймають не менше 25 мм.

Площа одного отвору:

$$f_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = 0,785 \cdot d_0^2, \text{ м}^2. \quad (7.17)$$

Площа всіх отворів:

$$\Sigma f_0 = K_{II} \cdot f_{mp}, \text{ м}^2, \quad (7.18)$$

де  $K_{II}$  – коефіцієнт перфорації труби, який дорівнює 0,5–0,7.

Кількість отворів на трубі:

$$n_0 = \Sigma f_0 : f_0, \quad (7.19)$$

де  $f_0$  – площа одного отвору при діаметрі отвору  $d_0$  не менше 25 мм.

Крок осі отворів:

$$l_0 = L : 2n_0, \text{ мм}, \quad (7.20)$$

де  $L$  – довжина труби, мм.

Відстань між отворами – 300–500 мм.

Втрати напору в дірчастій трубі:

$$h = \frac{\zeta \cdot V^2}{2g}, \text{ м}, \quad (7.21)$$

де  $V$  – швидкість в трубі, м/с, визначають при виборі діаметру трубопроводу;

$\zeta$  – коефіцієнт опору, приймають за формулою [1, п.10.10.10]:

$$\zeta = \frac{2,2}{K_n^2 + 1}, \quad (7.22)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт перфорації, який дорівнює 0,5–0,7 (за прийнятим значенням розрахунку  $\Sigma f_{отв}$ ).

## 7.4 Розрахунок пристрою для збору освітленої води

Збір освітленої води слід передбачати системою горизонтально розташованих дірчастих труб, розміщених на ділянці 2/3 довжини відстійника, рахуючи від задньої торцевої стінки. Швидкість руху освітленої води в кінці труб слід приймати 0,6–0,8 м/с, в отворах – 1 м/с. Отвори в трубах розташовують горизонтально по осі. Діаметр отворів повинен бути не менше 25 мм. Відстань між осями труб – не більше 3 м [1, п.10.9.10].

Витрата освітленої води, яка проходить через одну збірну трубу:

$$q_1 = \frac{Q_{\text{зв}}}{3,6 \cdot N_p \cdot n}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (7.23)$$

де  $Q_{\text{зв}}$  – розрахункова витрата води, м<sup>3</sup>/год,

$N$  – кількість відстійників,

$n$  – кількість труб в одному відстійнику.

За таблицею [5] вибирають діаметр труби для збору освітленої води при швидкості руху в кінці труби 0,6 – 0,8 м/с.

Необхідна площа отворів в трубах:

$$\Sigma f_0 = q_1 : v_0, \text{ м}^2, \quad (7.24)$$

де  $v_0$  – швидкість руху води в отворах, приймають 1 м/с.

Кількість отворів та крок отворів на трубі розраховують за формулами (7.19), (7.20), при діаметрі отвору не менше 25 мм і довжині труби, яка дорівнює 2/3 довжини відстійника.

## 8 РОЗРАХУНОК ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ СПОРУД

### 8.1 Швидкі фільтри

Розрахунок швидких фільтрів проводиться згідно рекомендацій [1] пункти розділу 10.12.

Фільтрування є завершальним етапом звільнення води від завислих речовин як природного походження, так і тих, що утворилися при її реагентній очистці. Цей процес здійснюють шляхом пропуску води через шар зернистого фільтруючого матеріалу певної висоти в спеціальних апаратах – фільтрах (рис. 8.2).

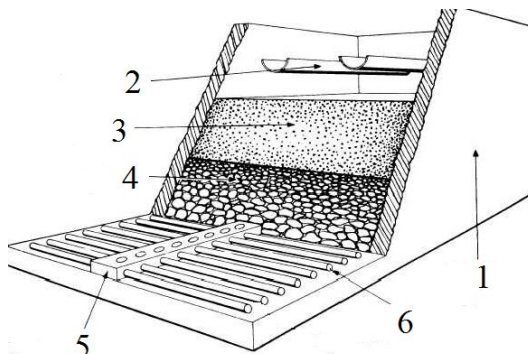


Рисунок 8.1 – Конструкція швидкого одношарового фільтра:

1 – корпус фільтра; 2 – жолоб; 3 – фільтруюче завантаження; 4 – підтримуючий шар;  
5 – колектор розподільчої системи; 6 – відгалуження розподільчої системи

Вода, яка надходить на швидкі фільтри після відстійників чи освітлювачів із шаром завислого осаду, не повинна містити завислих речовин понад 15 мг/дм<sup>3</sup>, а після фільтрування каламутність води, призначеної для господарсько-питних потреб, не повинна перевищувати 1 НОК.

Кількість фільтрів фільтраційної станції слід прийматися не менше двох.

Для завантаження відкритих фільтрів рекомендують застосовувати зернисті матеріали, які відповідають технічним вимогам за фракційним складом і ступенем однорідності розміру зерен, механічній міцності та хімічній стійкості оброблюваної води; в санітарно-гігієнічному відношенні матеріал повинен бути нешкідливим для здоров'я людей і не надавати воді неприємних присмаків і запахів. Як завантаження фільтрів застосовують кварцовий пісок, антрацит, керамзит, горілі породи, доменні шлаки, шунгізит, аглопорити [1, п. 10.12.2].

При відсутності даних технологічних досліджень розрахункові швидкості при нормальному і форсованому режимах слід приймати згідно таблиці 21 [1] з урахуванням забезпечення тривалості роботи фільтрів між промиваннями не менше ніж при нормальному режиму від 8 год до 12 год, а при форсованому режимі або повній автоматизації промивання фільтрів – від 6 год до 8 год [1, п. 10.12.3]. Фактична тривалість фільтроциклу залежить від якості оброблюваної води, гряземісткості завантаження та організації експлуатації системи (у курсовому проекті тривалість фільтроциклу слід приймати від 12 до 24 годин).

Залежно від площі фільтрування фільтри можуть бути з боковим і центральним збірним каналом.

Приймається тип завантаження фільтру і його основні параметри відповідно до вимог [1].

Визначають загальну площу фільтрів за формулою (21) [1, п. 10.12.4]:

$$F_{\phi} = \frac{Q}{T_{cm} \cdot v_n - n_{np} \cdot q_{np} - n_{np} \cdot \tau_{np} \cdot v_n}, \text{ м}^2, \quad (8.1)$$

де  $Q$  – кількість води, що надходить на швидкі фільтри, м<sup>3</sup>/добу:

$$Q = Q_{пол} + Q_{вк} + Q_{вПАА} + Q_{1л} + Q_{1х}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (8.2)$$

$T_{cm}$  – тривалість роботи станції протягом доби, год;

$V_n$  – розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі, м/год, згідно з рекомендаціями і таблицею 21 [1] з урахуванням розрахунків за формулою (23) [1];

$n_{np}$  – кількість промивань одного фільтра на добу при нормальному режимі експлуатації, таблиця 21 [1];

$\tau_{np}$  – час простою фільтра у зв'язку з промиванням (0,33 години при водяному і 0,5 години при водоповітряному промиванні);

$q_{np}$  – питома витрата води на одне промивання одного фільтра, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>, яку слід розраховувати з урахуванням [1, п. 10.12.15]:

$$q_{np} = \frac{\omega \cdot t_{np} \cdot 60}{1000}, \text{ м}^3/\text{м}^2. \quad (8.3)$$

де  $\omega$  – інтенсивність подачі промивної води, л/с·м<sup>2</sup>, [1, таблиця 23];

$t_{np}$  – тривалість промивки, хвилин, [1, таблиця 23];

Розраховують кількість фільтрів за формулою (22) [1]:

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{F} \phi}{2}. \quad (8.4)$$

і приймають розміри і конструкцію фільтрів, при цьому слід забезпечувати співвідношення за формулою (23) [1]:

$$v_{\phi} = v_n - \frac{N_{\phi}}{N_{\phi} - N_1}, \text{ м/с}, \quad (8.5)$$

де  $N_1$  – кількість фільтрів, які знаходяться в ремонті.

#### 8.1.1 Розрахунок пристрою для збору і відводу промивної води (жолоби і збірний канал)

Розрахунок ведуть на пропуск промивної витрати води:

$$Q_{np} = \omega \cdot F, \text{ л/с}. \quad (8.5)$$

Ширину збірного каналу приймають конструктивно  $b_k = 0,8-1,2$  м.

Відстань від дна каналу до дна жолоба визначають за формулою (27) [1]:

$$H_k = 1,73 \sqrt{\frac{q_k^2}{g \cdot B_{кан}^2} + 0,2}, \text{ м}, \quad (8.6)$$

де  $q_{кан}$  – витрата води по каналу,  $\text{м}^3/\text{с}$ , рівна  $Q_{np}$ .

$B_{кан}$  – ширина каналу (мінімум 0,7 м).

Кількість жолобів  $n_{ж}$  визначають шляхом ділення ширини фільтра на відстань між осями жолобів (не більше 2,2 м) [1, п. 10.12.16].

Розраховують площу поперечного перерізу жолобів:

$$f_{ж} = 1,73 \cdot 3 \sqrt{\frac{q_{ж}^2 \cdot B}{q}}, \text{ м}^2, \quad (8.7)$$

де  $q_{ж}$  – витрата води на один жолоб:

$$q_{ж} = \frac{Q_{np}}{n}, \text{ м}^3/\text{с}; \quad (8.8)$$

$B$  – ширина жолоба, м, може бути розрахована за формулою (26) [1]:

$$B = k \cdot 5 \sqrt{\frac{q_{ж}^2}{(1,57 + a)^3}}, \text{ м}, \quad (8.9)$$

де  $q_{ж}$  – витрата води по жолобу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$a$  – відношення висоти прямокутної частини жолобу до половини його ширини, приймають в межах від 1 до 1,5.

$k$  – коефіцієнт, який приймають для жолобів з напівкруглим лотком  $k = 2$ , а для п'ятикутних жолобів  $k = 2,1$ .

Відстань від кромки жолоба до поверхні фільтруючого завантаження визначають за формулою (28) [1]:

$$\Delta h_{жс} = \frac{H_{\phi} \cdot a_3}{100} + 0,3, \text{ см}, \quad (8.10)$$

де  $a_3$  – припустиме відносне розширення завантаження [1, таблиця 23];  
 $H_{\phi}$  – висота шару фільтруючого завантаження [1, таблиця 21], м.  
Витрату води на промивку всіх фільтрів знаходять з виразу:

$$Q_{n\phi} = W_{np} \cdot N \cdot n, \quad (8.11)$$

де  $W_{np}$  – кількість води, яку витрачають на промивання одного фільтра:

$$W_{np} = q_{np} \cdot F_{\phi}. \quad (8.12)$$

Уточнена продуктивність фільтрів з урахуванням пропуску витрати води на їх промивку:

$$Q_{\phi} = Q_{пол} + Q_{вк} + Q_{вПАА} + Q_{лщ} + Q_{лх} + Q_{n\phi}. \quad (8.13)$$

### 8.1.2 Розрахунок розподільної системи фільтра

Діаметр колектора який подає воду на промивку до кожного фільтру, визначають за рекомендованою швидкістю від 0,8 до 1,2 м/с, (для фільтра з бічним збірним каналом) [1, п.10.12.12] та витратою води  $q_{np}$  за таблицями [5]. Для фільтра з центральним збірним каналом діаметр не підбирається через відсутність колектора.

Визначають кількість відгалужень:

– для фільтра з бічним збірним каналом

$$n = 2 \frac{L}{m}, \quad (8.14)$$

де  $L$  – довжина бокової поверхні фільтра, м;

$m$  – відстань між осями труб відгалужень (0,25–0,35), м [1, п. 10.12.11].

– для фільтра з центральним збірним каналом

$$n = \frac{L}{m}. \quad (8.15)$$

Довжина відгалужень:

– для фільтра з бічним збірним каналом

$$l = \frac{B-d}{2} K, \text{ м}; \quad (8.16)$$

– для фільтра з центральним збірним каналом

$$l = \frac{B}{2}, \text{ м}. \quad (8.17)$$

Діаметр труб відгалужень визначають за рекомендованою швидкістю руху води (1,6–2,0 м/с) [1, п.10.12.12] та витратою води, яка надходить через одне відгалуження, за таблицями [5].

При наявності гравійних підтримуючих шарів на відгалуженнях розподільної системи передбачають отвори діаметром 10–12 мм, при відсутності підтримуючих шарів на трубах нарізають щілини шириною на 0,1 мм менше розміру мінімальної фракції фільтруючого завантаження. Сумарна площа отворів трубчастого дренажу повинна складати від 0,25 до



0,5 % включно від площі фільтра, а у вигляді щілин - від 1,5 % до 2 % від площі фільтра [1, п. 10.12.11]. Загальну кількість отворів (щілин) на відгалуженнях  $N$  визначають шляхом ділення сумарної площі отворів на площу одного отвору  $f$ .

Кількість отворів на одне відгалуження:

$$n_1 = \frac{N}{n}. \quad (8.18)$$

### 8.1.3 Визначення діаметрів трубопроводів

Діаметри трубопроводів визначають за таблицями для гідравлічного розрахунку сталевих труб [5] по секундній витраті води, що надходить на фільтри, і рекомендованій швидкості руху води. Результати розрахунку зводять в таблицю 8.1.

Розміри трубопроводів або каналів фільтрів слід приймати за умови форсованого режиму роботи (тобто при виключенні одного фільтра на промивання). Таким чином, розрахункова витрата води, яка припадає на один фільтр, складе:

$$q_{\phi}^{сек} = \frac{Q_{\phi}^{сек}}{N_{\phi} - N_1}, \text{ л/с}. \quad (8.19)$$

Таблиця 8.1 - Результати гідравлічного розрахунку трубопроводів подачі й відведення води на і з фільтрів

Назва трубопроводу	Витрата води, л/с	Розрахункова швидкість, м/с	Діаметр труб, мм	Рекомендована швидкість, м/с
Для подачі освітленої води на всі фільтри				0,8-1,2
Те ж, на один фільтр				0,8-1,2
Для відведення фільтрату з одного фільтра				1,0-1,5
Для відведення фільтрату з усіх фільтрів				0,8-1,2
Для подачі промивної води				1,5-2,0
Для відведення цієї води				1,5-2,0

### 8.1.4 Визначення втрати напору при промиванні фільтрів

Втрати напору при промиванні фільтра складаються з наступних величин:

**а)** втрати напору в отворах труб розподільчої системи фільтра [1, п.10.12.11]:

$$h_{pc} = \left( \frac{2,2}{K_n^2} + 1 \right) \cdot \frac{v_k^2}{2g} + \frac{v_{\phi}^2}{2g}, \text{ м}, \quad (8.20)$$

де  $v_k$  – швидкість на початку розподільчого каналу (від 1 до 1,2), м/с;  
 $v_{\phi}$  – швидкість на початку бічного відгалуження ( $v_{so} = 1,85$  м/с), м/с;  
 $K_n$  – коефіцієнт перфорації труб ( $0,15 \leq K_n \leq 2$ ).

**б)** втрати напору в фільтруючому шарі висотою  $H_3$ :

$$h_{фш} = (a + b \cdot \omega) \cdot H_3, \text{ м}, \quad (8.21)$$

де  $\omega$  – інтенсивність подачі промивної води;

$a$  і  $b$  – емпіричні коефіцієнти, які приймають залежно від типу завантаження; приймають для кварцового піску 0,75–0,85 і 0,017–0,004 відповідно.

в) втрати напору в гравійних підтримуючих шарах висотою  $H_{ни}$ :

$$h_{ни} = \omega \cdot H_{ни}, \text{ м}, \quad (8.22)$$

де  $H_{ни}$  – висота підтримуючих шарів, м.

г) втрати напору в трубопроводі, який подає промивну воду, визначають за формулою:

$$h_{тр} = h_l + h_m, \text{ м}, \quad (8.23)$$

де  $h_l$  – втрати напору по довжині:

$$h_l = l \cdot i, \text{ м}, \quad (8.24)$$

$h_m$  – втрати напору на місцеві опори:  $\xi_{кол} = 0,185$  (3 коліна);  $\xi_{тр} = 0,22$  (2 трійника);  $\xi_{засв} = 0,3$  (4 засувки);  $\xi_{ст} = 0,0135$  (12 зварювальних стиків). Місцеві опори розраховують за формулою:

$$h_m = \sum \xi \cdot \left( \frac{v_1^2}{2g} \right), \text{ м}, \quad (8.25)$$

Повна величина втрат напору при промиванні швидкого фільтра становить:

$$\sum h = h_{рс} + h_{фш} + h_{ни} + h_{тр}, \text{ м}.$$

Напір, який повинен розвивати насос при промиванні фільтра:

$$H = H_{г} + \sum h, \text{ м}, \quad (8.26)$$

де  $H_{г}$  – геометрична висота підйому води (різниця відміток нижнього рівня води в РЧВ і верхньої кромки жолобів фільтра).

Після визначення напору підбирають насос для подачі промивної води на фільтри.

## 8.2 Контактні освітлювачі

Контактні освітлювачі (рис. 8.2) є різновидом швидких фільтрів, які працюють на принципі фільтрування води з низу до верху, в напрямку зменшення крупності зерен в шарі фільтруючого завантаження.

При використанні контактних освітлювачів очищення води протікає за одноступеневою схемою.

Для затримання водоростей і великої суспензії перед контактним освітлювачем встановлюють вхідну камеру. Об'єм вхідної камери визначають з умов перебування води в ній не менше 5 хвилин. Вхідна камера повинна бути секційною та складатися не менше ніж з двох відділень, в яких повинні бути облаштовані переливні та спускні трубопроводи. У камері встановлюють барабанні сітки. При великому вмісту у воді планктону (більше 1000 шт/мл)

встановлюють мікрофільтри [1]. Проектування барабанних фільтрів слід виконувати згідно з п. 10.3.1 – 10.3.4 [1].

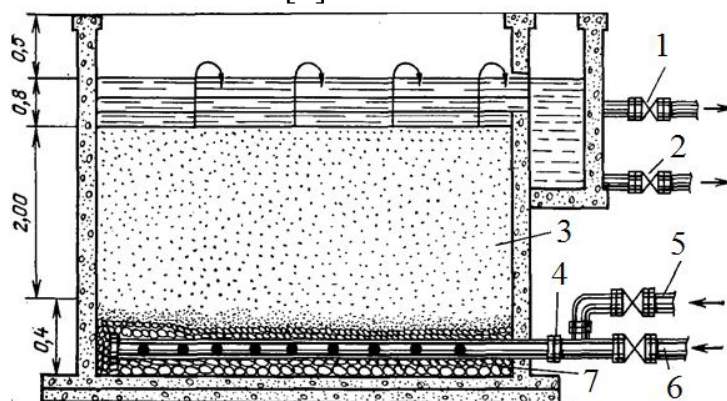


Рисунок 8.2 – Схема контактного освітлювача:

- 1, 2 – відповідно відведення фільтрату і промивної води;  
3 – фільтруюче завантаження; 4 – розподільча система; 5, 6 – відповідно подача оброблювальної і промивної води; 7 – гравій

Розрахунок контактного освітлювача проводиться згідно рекомендацій [1] пункти розділу 10.15.

#### 8.2.1 Розрахунок вхідної камери

За розрахунковою витратою води, яка подається на контактні освітлювачі, визначають об'єм вхідної камери за формулою:

$$W_{вх.к} = \frac{Q \cdot t}{24 \cdot 60}, \text{ м}^3, \quad (8.27)$$

де  $t$  – час перебування води в камері, прийнято 5 хвилин, [1, п. 10.15.2].

Приймають не менше двох вхідних камер глибиною  $h = 3$  м. Площу кожної камери визначають за формулою:

$$F_{вх.к} = \frac{W_{вх.к}}{h}, \text{ м}^2. \quad (8.28)$$

Розміри камери в плані визначають конструктивно залежно від площі.

У кожній камері встановлюють барабанні сітки. Вхідні камери обладнують пристроями для промивання сіток, переливною та спускною трубою [1, п. 10.15.2]. Стінки нижньої частини камери нахилені під кутом  $50^\circ$  до горизонту. Висоту нижньої частини камери визначають за формулою:

$$h_{кам} = \frac{B}{2} \text{ctg}(90^\circ - 50^\circ), \text{ м}. \quad (8.29)$$

Повну висоту камери розраховують за формулою:

$$H = h + h_{кам}, \text{ м}. \quad (8.30)$$

#### 8.2.2 Визначення площі контактного освітлювача

Загальну площу контактного освітлювача визначають за формулою:

$$F_{ко} = \frac{Q}{T_{см} \cdot V_H - n_{np} \left( q_{np} + t_{np} \cdot V_H + \left( \frac{t \cdot V}{60} \right) \right)}, \text{ м}^2, \quad (8.31)$$

де  $Q$  – кількість води, що надходить на контактні освітлювачі (формула (8.2))  $\text{м}^3/\text{добу}$ ;

$T_{cm}$  – тривалість роботи станції протягом доби – 24 год;

$V_H$  – розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі [1, п. 10.15.5];

$n_{np}$  – число промивок контактного освітлювача на добу при нормальному режимі експлуатації;

$q_{np}$  – питома витрата на одну промивку контактного освітлювача,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ , слід розрахувати з урахуванням [1, п. 10.15.7] за формулою (8.5) ;

$t_{np}$  – час простою контактного освітлювача у зв'язку із промиванням, приймають для контактних освітлювачів, які промиваються водою – 0,33 год [1, п. 10.15.7];

$t_{ск}$  – тривалість скидання першого фільтрату, хв, [1, п. 10.15.7].

Кількість контактних освітлювачів на станції визначають за формулою (8.4).

Довжину контактного освітлювача рекомендується приймати 6 м, тоді його ширина:

$$b_{ко} = \frac{f_{ко}}{l_{ко}}, \text{ м.} \quad (8.32)$$

Перевіряють швидкість фільтрування при форсованому режимі за формулою (8.5). Швидкість при форсованому режимі не повинна перевищувати допустиму швидкість руху води (6,0 м/год) згідно вимог [1, п. 10.15.5].

### 8.2.3 Розрахунок трубчастої розподільної системи

Розрахунок трубчастої розподільчої системи виконують за рекомендаціями [1, п. 10.15.8].

Витрату промивної води на один контактний освітлювач визначають за формулою:

$$q = f_{ко} \cdot \omega, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (8.33)$$

де  $f_{ко}$  – площа контактного освітлювача,  $\text{м}^2$ ;

$\omega$  – інтенсивність промивки [1, п. 10.15.7].

Швидкість руху води при промиванні необхідно приймати на початку колектору 0,8–1,2 м/с, на початку відгалужень 1,6–2 м/с. За витратою промивної води і рекомендованими швидкостями промивання приймають діаметр колектора і швидкість руху води [5].

Контактні освітлювачі при промиванні водою слід передбачати без підтримуючих шарів [1, п. 10.15.4]. Еквівалентний діаметр зерен піску завантаження 1–1,3 мм.

Площу дна контактних освітлювачів на кожне відгалуження розподільчої системи при відстанях між ними  $m = 0,3$  м і зовнішньому діаметрі колектора визначаються за формулою:

$$f_{від} = \frac{6 - d_H}{2} \cdot 0,3, \text{ м}^2. \quad (8.34)$$

Витрату промивної води, що надходить через один отвір, визначають за формулою:

$$q_{від} = f_{від} \cdot w, \text{ л/с.} \quad (8.35)$$

Підбирають діаметр труб відгалужень та швидкість входу води в відгалуження [5].

Довжина відгалуження:

$$l_{від} = b_{к.о} - d_n, \text{ м.} \quad (8.36)$$

У нижній частині відгалужень під кутом  $30^\circ$  до вертикальної осі труби передбачають отвори діаметром 10–12 мм, відповідно до [1, п. 10.15.8].

Відношення площі всіх отворів в відгалуженнях розподільчої системи до площі контактного освітлювача приймають за таблицею 27 [1, п. 10.15.8] і розраховують за формулою:

$$\sum f_{ом} = \frac{K_n \cdot F_{ко}}{100}, \text{ м}^2. \quad (8.37)$$

Сумарну кількість отворів в розподільчій системі кожного контактного освітлювача визначають за формулою:

$$\sum n_{ом} = \sum f_{омв} / f_{ом}. \quad (8.38)$$

Кількість відгалужень в контактному освітлювачі при відстані між осями розгалужень  $m$  складе:

$$n_{від} = b/m, \text{ шт.} \quad (8.39)$$

Кількість отворів на одне відгалуження:

$$n_{ом} = \sum n_{ом} / n_{від}, \text{ шт.} \quad (8.40)$$

Крок осі отворів:

$$l_{ом} = l_{від} / n_{ом}, \text{ м.} \quad (8.41)$$

Отвори розташовують у два ряди в шаховому порядку під кутом  $45^\circ$  до вертикальної осі труби.

#### 8.2.4 Розрахунок пристроїв для збору і відводу води під час промивання

У контактних освітлювачах збір фільтрованої та промивної води слід здійснювати у жолоби згідно з 10.12.15, 10.12.16 [1]. Над кромками жолобів потрібно передбачати пластини з трикутними вирізами від 50 мм до 60 мм (по висоті та ширині), з відстанями між осями вирізів від 100 мм до 150 мм включно. Приймають три жолоби. Відстань між осями жолобів  $6 : 3 = 2$  м.

Витрату промивної води, л/с або  $\text{м}^3/\text{с}$ , на один жолоб визначають за формулою:

$$q_{жс} = \frac{q}{3}, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (8.42)$$

Ширина жолоба:

$$B_{жс} = K_{жс} \cdot 5 \sqrt{\frac{q_{жс}^2}{(1,57 + a_{жс})^3}}, \text{ м,} \quad (8.43)$$

де  $q_{жс}$  – витрата води по жолобу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$a_{ж}$  – відношення висоти прямокутної частини жолоба до половини його ширини,  $a = 1,5$ ;

$K_{ж}$  – коефіцієнт, який для п'ятикутних жолобів дорівнює 2,1.

Висоту прямокутної частини жолоба визначають за формулою:

$$h_{np} = 0,75 \cdot B_{ж}, \text{ м.} \quad (8.44)$$

Корисна висота жолоба:

$$h = 1,25 \cdot B_{ж}, \text{ м} \quad (8.45)$$

Відстань від поверхні завантаження до краю жолобу визначають за формулою:

$$H_{ж} = \frac{H_3 \cdot a_3}{100} + 0,3, \text{ м,} \quad (8.46)$$

де  $H_3$  – висота фільтруючого шару, м, [1, п. 10.15.5]

$a_3$  – відносне розширення фільтруючого завантаження, %, приймають за [1, п. 10.12.15].

Відсоток води, яка витрачається на промивання контактних освітлювачів розраховують за формулою:

$$P = \frac{q_{np} \cdot t \cdot N}{Q \cdot T \cdot 1000} 100\% \quad (8.47)$$

де  $t$  – тривалість промивки, хвилин, [1, п. 10.15.7];

$N$  – кількість контактних освітлювачів на станції, шт;

$Q$  – розрахункова витрата води, яку подають на контактні освітлювачі, м<sup>3</sup>/год;

$T$  – тривалість роботи контактних освітлювачів між промивками, 12 годин.

Для промивання слід використовувати очищену воду. Допускається використання неочищеної води за умов: її каламутність не більше ніж 17 НОК (10 мг/дм<sup>3</sup>), колі-індекс – 1000 од/дм<sup>3</sup>, попередня обробка води на барабанних сітках (або мікрофільтрах) та знезараження. При використанні очищеної води слід передбачати розрив струменя перед подачею води в ємкість для зберігання промивної води. Безпосередня подача води на промивання з трубопроводів і резервуарів фільтрованої води не допускається [1, п. 10.15.6].

#### 8.2.5 Розрахунок збірного каналу

Збірний канал відводить забруднену воду з жолобів і зливає її в стічний трубопровід. Відстань від дна жолоба до дна збірного каналу визначають за формулою:

$$H_k = 1,73 \cdot 3 \sqrt{\frac{q^2}{g \cdot B_{кан}^2}} + 0,2, \text{ м,} \quad (8.48)$$

де  $B_{кан}$  – найменша допустима ширина каналу,  $B_{кан} = 0,7$  м.

Швидкість руху води в каналі при розмірах поперечного перерізу  $f_k = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49$  м<sup>2</sup> визначають за формулою:

$$V_K = \frac{q_{np}}{f_K}, \text{ м/с.} \quad (8.49)$$

При відведенні промивної води з контактного освітлювача збірний канал повинен запобігати створенню підпору на виході води з жолобів.

#### 8.2.6 Визначення втрат напору при промиванні контактних освітлювачів

Втрати напору в розподільчій системі визначають за формулою:

$$h_p = \xi \cdot \frac{V_K^2}{2g} + \frac{V_{vid}^2}{2g}, \text{ м,} \quad (8.50)$$

де  $V_K$  – швидкість на початку колектора, м/с;

$V_{vid}$  – середня швидкість на вході в відгалуження, м/с;

$\xi$  – коефіцієнт гідравлічного опору, який приймають згідно [1, п. 10.10.10], за формулою:

$$\xi = \frac{2,2}{K_n^2} + 1, \quad (8.51)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт перфорації – відношення сумарної площі отворів до площі перетину колектора.

Втрати у фільтруючому шарі заввишки  $H_\phi = 2,5$  м визначають за формулою:

$$h_{\phi sh} = (a + b \cdot \omega) \cdot H_\phi, \text{ м,} \quad (8.52)$$

де  $a$  і  $b$  – параметри для піску з розміром зерен 1–2 мм,  $a = 0,85$  і  $b = 0,004$ .

Втрати напору в трубопроводі, який підводить промивну воду до колектору розподільчої системи при довжині трубопроводу  $l = 100$  м, визначають за формулою:

$$h_l = l \cdot i \quad (8.53)$$

Втрати на місцеві опори в фасонних частинах і арматурі розраховують за формулою:

$$h_M = \sum \xi \cdot \left( \frac{v_1^2}{2g} \right), \text{ м,} \quad (8.54)$$

де  $\xi$  – втрати напору на місцеві опори:  $\xi_{кол} = 0,185$  (3 коліна);  $\xi_{тр} = 0,22$  (2 трійника);  $\xi_{засв} = 0,3$  (4 засувки);  $\xi_{ст} = 0,0135$  (12 зварювальних стиків).

Повна величина втрат напору при промиванні контактного освітлювача становить:

$$\sum h = h_p + h_{\phi sh} + h_{тр}, \text{ м.} \quad (8.55)$$

Промивання здійснюють чистою водою, яку подають після насосної станції другого підйому під напором.

## 9 СПОРУДИ ДЛЯ ОБРОБКИ ПРОМИВНИХ ВОД ВІД ШВИДКИХ ФІЛЬТРІВ І КОНТАКТНИХ ОСВІТЛЮВАЧІВ

З метою охорони природних джерел водопостачання та скорочення витрат води на власні потреби станції застосовують повторне використання води після промивання швидких фільтрів і контактних освітлювачів.

Запропоновано наступну схему повторного використання промивної води: вода після промивання швидких фільтрів надходить в резервуар-усереднювач, з якого рівномірно протягом доби перекачується в голову очисних споруд водопідготовки (перед змішувачем).

Для вилучення піску з промивної води перед резервуаром-усереднювачем влаштовують піскоуловлювач [1, п. 10.25.4] (у курсовому проекті рекомендується передбачати горизонтальний піскоуловлювач).

Пісок з осадової частини піскоуловлювача в міру його накопичення транспортують за допомогою ежектора на майданчики для зберігання піску.

### 9.1 Розрахунок піскоуловлювачів

Розрахункова витрата води, що надходить на піскоуловлювач, дорівнює кількості води на промивку ( $q_{np}$ , м<sup>3</sup>/с). Приймаємо два відділення піскоуловлювача [2, п. 10.2.2.1], площу живого перетину кожного відділення визначають за формулою:

$$\omega = \frac{Q_{np}}{v \cdot n}, \text{ м}^2, \quad (9.1)$$

де  $v$  – середня швидкість руху води,  $v = 0,3$  м/с;

$n$  – кількість відділень піскоуловлювача,  $n = 2$  шт.

Глибину проточної частини приймають 0,80 м. Ширина відділення:

$$b_n = \frac{\omega}{h_n}, \text{ м}. \quad (9.2)$$

Глибина осадової частини:

$$h_{oc} = 0,5 \cdot h_n, \text{ м}. \quad (9.3)$$

Запас висоти над рівнем води в піскоуловлювачі приймають 0,2 м. Тривалість перебування промивної води в піскоуловлювачі 30 секунд. Визначають довжину піскоуловлювача за формулою:

$$l_n = v_n \cdot t_n, \text{ м}. \quad (9.4)$$

Кут нахилу стінок камер до горизонту, для зручного видалення піску, проектують  $\alpha = 60^\circ$ . Піскоуловлювач обладнують скребковим механізмом з самохідним візком. Пісок згрібають до напрямку стаціонарного сталевого гідроелеватора, за допомогою якого транспортують в резервуар. Резервуар, який знаходиться на пісковому майданчику, обладнаний дренажною системою (труби зі щілинними ковпачками).

Відфільтрована вода з резервуару самопливом направляють у піскоуловлювач.



Об'єм робочої частини резервуара слід приймати рівним двом об'ємам осадової частини обох відділень піскоуловлювача:

$$W_{n.p} = 2 \cdot 2 \cdot l_n (b_n - h_{on} \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot h_{ол}, \text{ м.} \quad (9.5)$$

Проектують залізобетонні резервуари. Розміри приймають конструктивно.

## 9.2 Розрахунок резервуара-усереднювача

Об'єм резервуара-усереднювача визначають за таблицею 9.1.

Розрахунок ведуть на витрату води для промивання всіх фільтрів (контактних освітлювачів), яку визначають за формулою (8.11).

Таблиця 9.1 – Визначення об'єму резервуара-усереднювача

Години доби	Подача промивної води, м <sup>3</sup>	Відкачка насосами, м <sup>3</sup>	Надходження в резервуар, м <sup>3</sup>	Витрата з резервуара, м <sup>3</sup>	Залишок у резервуарі, м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
0-1	q <sub>пр</sub>	Q <sub>н</sub>	q <sub>пр</sub> - Q <sub>н</sub>		
1-2	q <sub>пр</sub>	Q <sub>н</sub>	q <sub>пр</sub> - Q <sub>н</sub>		
2-3	q <sub>пр</sub>	Q <sub>н</sub>	q <sub>пр</sub> - Q <sub>н</sub>		
3-4	q <sub>пр</sub>	Q <sub>н</sub>	q <sub>пр</sub> - Q <sub>н</sub>		
4-5		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
5-6		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
6-7		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
7-8		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
8-9		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
9-10		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
10-11		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
11-12		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	0
12-13	q <sub>пр</sub>	Q <sub>н</sub>	q <sub>пр</sub> - Q <sub>н</sub>		
13-14	q <sub>пр</sub>	Q <sub>н</sub>	q <sub>пр</sub> - Q <sub>н</sub>		
14-15	q <sub>пр</sub>	Q <sub>н</sub>	q <sub>пр</sub> - Q <sub>н</sub>		
15-16	q <sub>пр</sub>	Q <sub>н</sub>	q <sub>пр</sub> - Q <sub>н</sub>		
16-17		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
17-18		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
18-19		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
19-20		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
20-21		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
21-22		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
22-23		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	
23-24		Q <sub>н</sub>		Q <sub>н</sub>	0
Итого	Q <sub>пр</sub> = Σq <sub>пр</sub>	Q <sub>пр</sub>	Σ	Σ	

*Примітка 1. У другому стовпці наводять дані про витрату води протягом години ( $q_{np}$ ), яка залежить від кількості фільтрів та їх промивок.*

*Примітка 2. У третьому стовпці наводять дані про погодинну витрату насосу, яка відповідає формулі (9.7).*

*Примітка 3. В четвертому стовпці наводять дані про надходження води в резервуар, яке дорівнює різниці подачі промивної води і погодинній роботі насосу.*

*Примітка 4. В п'ятому стовпці наводять дані про витрату води з резервуару, яка відповідає погодинній роботі насосу.*

*Примітка 5. В шостому стовпчику розраховують баланс надходження та витрати води з резервуару. За максимальним значенням визначають об'єм резервуару.*

Резервуар-усереднювач для збору промивної води являє собою залізобетонний резервуар, що складається з двох секцій. Приймають стандартний резервуар-усереднювач із збірного залізобетону, розділений перегородкою на дві секції.

Продуктивність насоса підбирають відповідно до розрахунків таблиці 9.1:

$$Q_n = \frac{Q_{np}}{24}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (9.7)$$

Повний напір насоса визначений сумою величин:

– різниця відміток поверхні отворів всмоктуючих труб в резервуарі та осі насоса (орієнтовно приймають 4,0 м),

– різниця відміток осі насоса і горизонту води в змішувачі (орієнтовно приймають 7,5 м)

– втрата напору (орієнтовно приймають 3 м):

$$H_n = 4,0 + 7,5 + 3,0 = 14,5 \text{ м. вод. ст.}$$

Кількість насосів – не менше двох (один робочий і один резервний).

Щоб уникнути осідання шламу від промивних вод передбачена циркуляція води в резервуарі. З цією метою встановлюють ще один насос, який забирає воду з напрямка резервуара-усереднювача і подає її в протилежний кінець резервуара.

Розподіл води проводять дірчастою трубою, розташованою на дні уздовж короткої стіни.

## 10 РОЗРАХУНОК РЕЗЕРВУАРУ ЧИСТОЇ ВОДИ

Загальний об'єм РЧВ включає регулюючий ( $W_p$ ), непорушний протипожежний об'єм води ( $W_{пож}$ ), об'єм води на промивання контактних освітлювачів (фільтрів) ( $W_{np}$ ); крім того, слід передбачити об'єм води, необхідної для контакту її із хлором тривалістю не менше 1 години.

$$W_{рчв} = W_p + W_{пож} + W_{np}, \text{ м}^3. \quad (10.1)$$

Регулюючий об'єм резервуара чистої води можна визначити за суміщеними графіками роботи насосів I й II підйому. Для побудови таких графіків за відомим коефіцієнтом годинної нерівномірності приймають годинне споживання води містом і будують графік водоспоживання. На цьому графіку показують режим роботи насосів насосної станції I й II підйому.



Запас води на промивання фільтрів (контактних освітлювачів) слід передбачати з урахуванням двох промивань одного фільтра [1, п.10.12.3]:

$$W_{np} = 3,6 \cdot Q_{np} \cdot t_{np} \cdot n, \text{ м}^3. \quad (10.7)$$

За значенням, розрахованим за формулою (10.1), підбирають розміри резервуару зі збірного залізобетону за таблицею 10.1.

Таблиця 10.1 – Основні параметри резервуарів чистої води

Об'єм, м <sup>3</sup>	Ширина, м	Довжина, м	Висота, м	Об'єм, м <sup>3</sup>	Ширина, м	Довжина, м	Висота, м
50	3	6	3,6	2000	18	24	4,8
100	6	6	3,6	3000	24	30	4,8
250	6	12	3,6	6000	36	36	4,8
500	12	12	3,6	10000	48	48	4,8
1000	12	18	4,8	20000	66	66	4,8

Кількість резервуарів повинна бути не менше двох, при цьому в кожному з них повинно зберігатись не менше 50 % об'єму води на пожежогашіння. Влаштування одного резервуару допускається за умови відсутності в ньому пожежного і аварійного об'ємів води.

## 11 СКЛАДАННЯ БАЛАНСОВОЇ СХЕМИ ВИТРАТ ВОДИ НА ВОДООЧИСНИХ СПОРУДАХ

Балансову схему будують без масштабу й показують надходження і розподіл витрат води й стоків у м<sup>3</sup>/добу між різними спорудами. На рисунку 11.1 наведена балансова схема для двоступінчатої схеми очистки води.

Балансову схему слід розглядати з кінця очисних споруд. Витрату води, що надходить із резервуара чистої води в насосну станцію II підйому, визначають за формулою:

$$Q_{нс2} = Q_{пол} + Q_{вк} + Q_{вПАА} + Q_{вищ} + Q_x, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (11.1)$$

де  $Q_{вк}$ ,  $Q_{вПАА}$ ,  $Q_{вищ}$ ,  $Q_x$  – відповідно кількість води, необхідна для приготування коагулянту, поліакриламід, луку, роботи хлораторної установки, обумовлена при розрахунку реагентного господарства та установки для знезаражування води, м<sup>3</sup>/добу;

$Q_{пол}$  – повна витрата води, м<sup>3</sup>/добу.

Витрату води, яка надходить у резервуар чистої води, визначають за формулою:

$$Q_{РЧВ} = Q_{нс2} + Q_{нф}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (11.2)$$

де  $Q_{нф}$  – витрата води, яка необхідна для промивання фільтрів, м<sup>3</sup>/добу, визначають при розрахунку фільтрів (розділ 8).

Витрату води яка надходить на фільтри визначають за формулою:

$$Q_{ф} = Q_{пол} + Q_{вк} + Q_{вПАА} + Q_{1вищ} + Q_{1x} + Q_{нф} = Q_{РЧВ} - (Q_{2вищ} + Q_{2x}), \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (11.3)$$

де  $Q_{1у}$ ,  $Q_{2у}$ ,  $Q_{1х}$ ,  $Q_{2х}$  - відповідно кількість води яка необхідна для приготування вапна при підлучуванні води, для стабілізаційної обробки і для роботи установки первинного та вторинного хлорування, м<sup>3</sup>/добу (розрахунки розділу 4).

Витрату води яка надходить у відстійник і камери утворення пластівців, визначаємо за формулою:

$$Q_{отст} = Q_{кх} = Q_{\phi} + Q_{o.відс}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (11.4)$$

де  $Q_{o.відс}$  – кількість води яка скидають разом з осадом з відстійника, м<sup>3</sup>/добу, (розрахунки розділ 7).

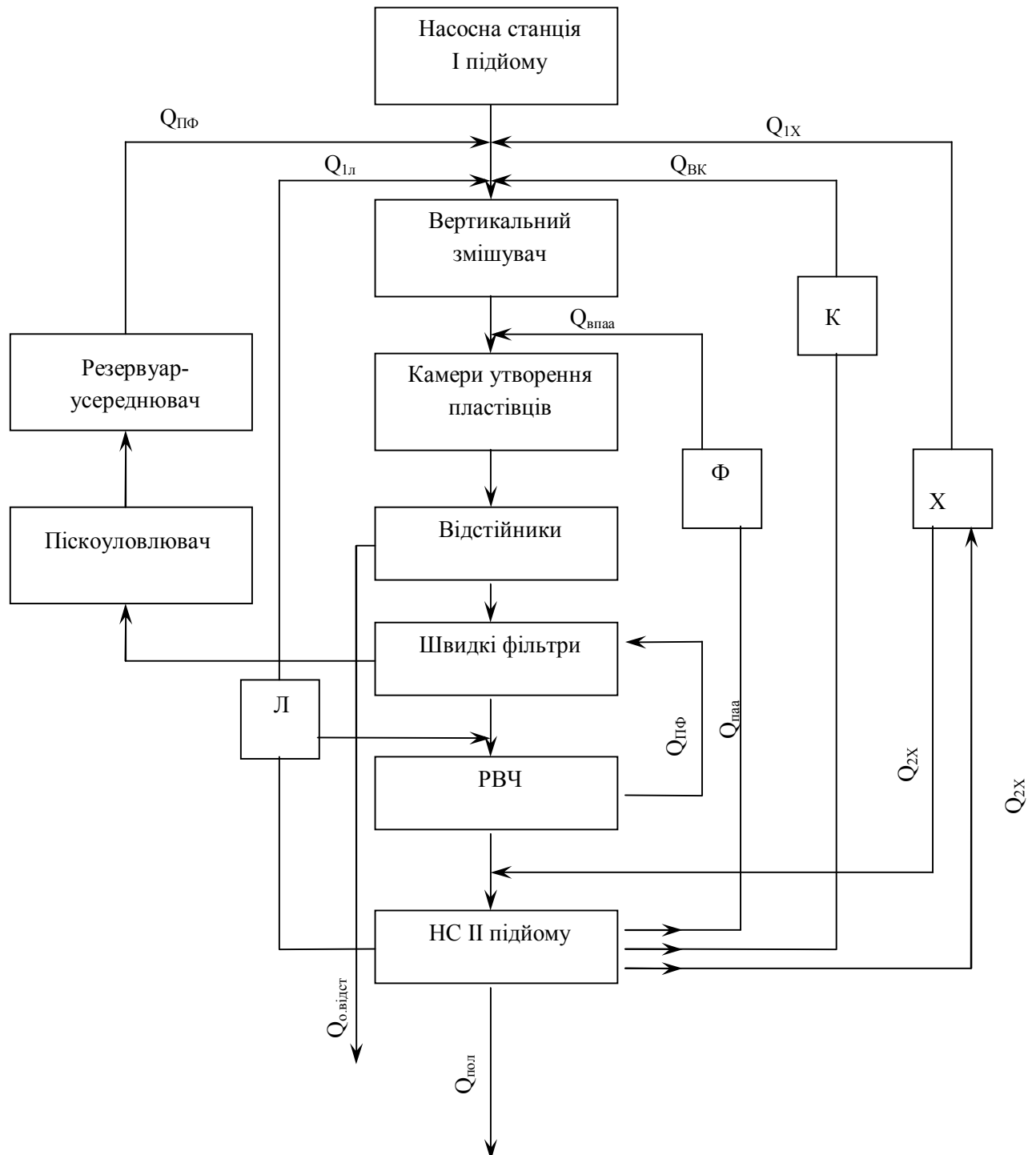


Рисунок 11.1 – Балансова схема витрат води по водоочисних спорудах

Витрату води, що надходить у вертикальний змішувач, знаходять за формулою:

$$Q_{вс} = Q_{кх} - Q_{вПАА}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (11.5)$$

Витрата води яка надходить від водозабору до насосної станції 1 підйому, визначається за формулою:

$$Q_{нс1} = Q_{вс} - (Q_{нф} + Q_{вк} + Q_{лш} + Q_{лх}), \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (11.6)$$

При складанні даної балансової схеми не врахована витрата води, яка скидається з відділення приготування лугу і разом з осадом з піскоуловлювача.

## 12 КОМПОНУВАННЯ СТАНЦІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ

При компонуванні споруд і розробці генерального плану очисної станції слід брати до уваги типові проекти або їхні паспорти.

Відповідно до [1, п. 17.2.2] при розробці генплану очисної станції необхідно прагнути до блокування споруд і приміщень, які пов'язані загальним технологічним процесом. Слід проектувати блок основних споруд, в будівлі якого розміщений вертикальний змішувач, відстійники із вбудованими камерами утворення пластівців, блок фільтрів і блок службових приміщень. Реагентне господарство розміщують в окремій будівлі.

На майданчику очисних споруд слід проектувати 2 резервуара чистої води, насосну станцію другого підйому, споруди для повторного використання промивної води, піськове господарство, прохідну. Можливе розміщення споруд для зневоднення осаду. Територія, де знаходиться станція водопідготовки, захищається відповідно до вимог та рекомендацій [1, п. 17.1.5].

При компонуванні очисних споруд необхідно передбачати можливість планомірного їх розширення без припинення роботи. З цією метою кількість елементів станції, їх взаємне розташування і комунікації, які їх з'єднують, вибирають з урахуванням можливого долучення додаткових елементів і будівництва приміщення для них. Сторони будівлі, в напрямку яких намічено розширення станції, не повинні захаращуватися будівлями постійного типу та підземними спорудами.

Надійність роботи водоочисної станції забезпечується облаштуванням обвідних ліній, які дозволять відключати ту чи іншу споруду або блок та пропустити воду в обхід. При цьому на станції продуктивністю від 10000 до 100000 м<sup>3</sup>/добу передбачають можливість відключення не більше 20 % споруд. Крім того, необхідно передбачати обвідну лінію від насосної станції 1 підйому до насосної станції 2 підйому (якщо насосна станція 1 підйому знаходиться в межах водоочисної станції). При продуктивності станції більше 100000 м<sup>3</sup>/добу, обвідні комунікації можна не влаштовувати [1, п. 10.28.3].

На генплані слід показати основні споруди, зовнішні трубопроводи, дороги, під'їзди, пішохідні доріжки і зелені насадження.

Діаметр основних трубопроводів, нанесених на генплан, визначають відповідно до гідравлічного розрахунку сталевих труб за заданою витратою,

яку приймають більше розрахункової за балансовою схемою на 20–30 відсотків, і рекомендованою швидкістю руху води.

Детальна повна технологічна схема очисних споруд господарсько-питного призначення при заборі вихідної води з поверхневого джерела наведена на рисунку 12.1.

Гідравлічний розрахунок трубопроводів для запроектованої станції водоочистки виконують за таблицями [5]. Результати записують в таблицю 12.1.

Таблиця 12.1 – Гідравлічний розрахунок трубопроводів для очисних споруд водопроводу

Назва трубопроводу	Витрати на один трубопровід		Розрахункова швидкість, м/с	Діаметр, мм	Рекомендована швидкість, м/с
	м <sup>3</sup> /добу	л/с			
Від насосної станції I-го підйому до змішувача					1,0-1,5
Від змішувача до камери утворення пластівців					0,8-1,0
Від фільтрів до резервуар чистої води					1,0-1,5
Від резервуарів чистої води до насосної станції II підйому					1,0-1,5
Від насосної станції II-го підйому до споживачів					1,2-2,0

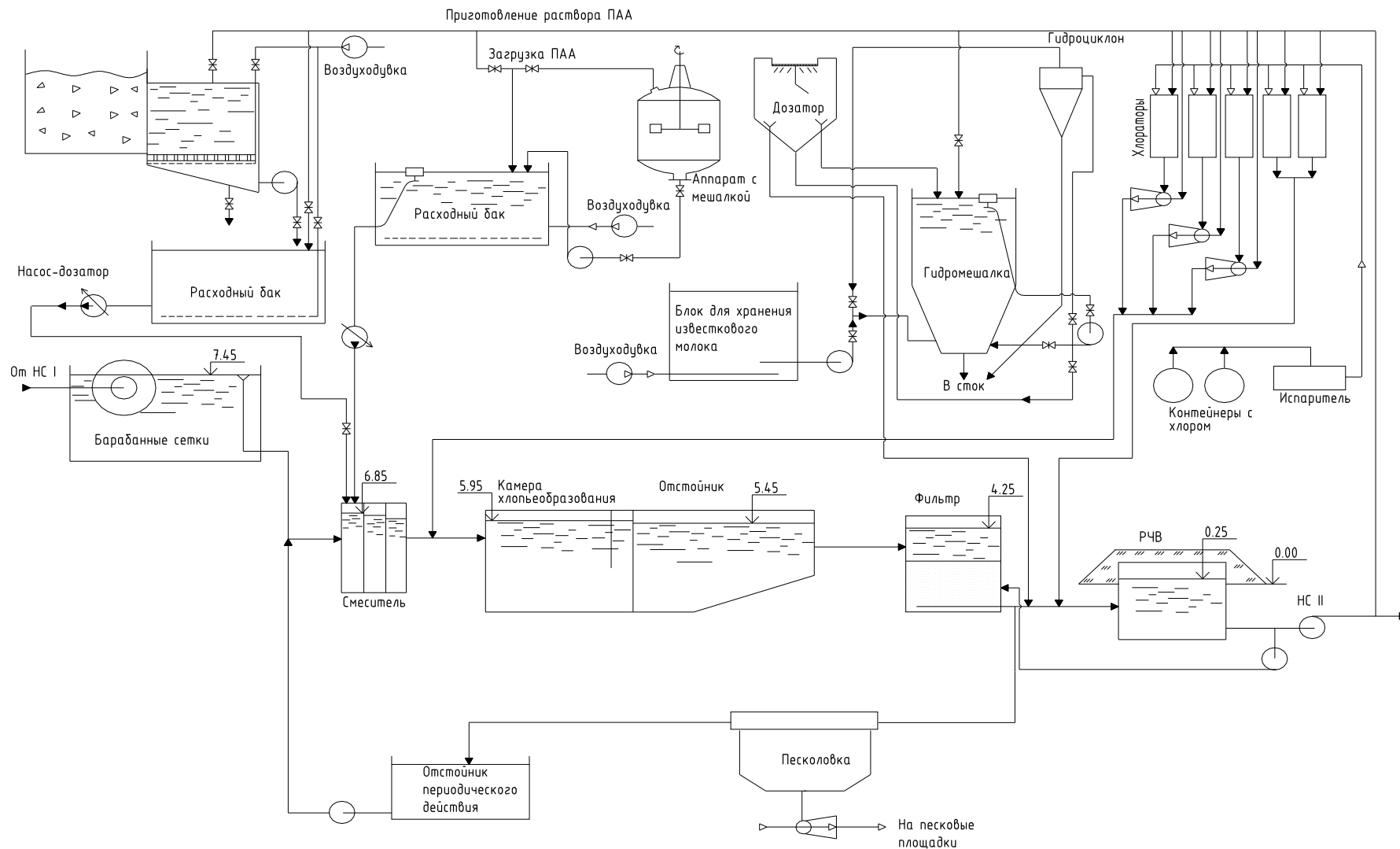


Рисунок 12.1 – Технологічна схема очисних споруд



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013 . – 115 с.
2. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 96 с.
3. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 113 с.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – Київ, 2010. – 25 с.
5. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб : Справ. пособие. / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М. : Стройиздат, 1984.– 116 с.
6. Каталог хімічних насосів DEBEM [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.prom-nasos.com.ua/catalog/mb>.
7. Каталог ТОВ «Компанія «Плазма»®» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.plasma.com.ua/pump/product6.html>.
8. Каталог продукции промышленного насосного оборудования ТМ VARNA – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.waterpump.com.ua/tm3-varna/>.
9. Каталог ВО «Укрспецкомплект» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://ukrsk.com.ua/izves\\_sm.html](http://ukrsk.com.ua/izves_sm.html).
10. Каталог ТОВ «Далгакіран компресор Україна» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://dalgakiran.ua/>.
11. Каталог ТОВ «Грундфос Україна» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ua.grundfos.com/products/find-product.html>.
12. Каталог ТОВ «Стелс-Групп» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : (<http://steels-group.ua/produkcija/emkostnoe-oborudovanie/meshalki-gidravlicheskie-mgk-mgi/>).
13. Каталог ОАО «САХАВТОМАТ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.apn-ua.com/industry/Киев/ОАО\\_Сахавтомат+6](http://www.apn-ua.com/industry/Киев/ОАО_Сахавтомат+6).
14. Труби, фасонні деталі, арматура, та обладнання систем зовнішнього водопостачання та каналізації : довідковий посібник / [М. І. Колотило, І. В. Корінько, І. Л. Копелевич та ін.] ; під ред. М. І. Колотило. – Харків : ХДТУБА, 2004. – 478 с.
15. Каталог ТОВ «Оптима» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://14045.ua.all.biz/gidrociklon-gcp-75-poliuretanovyj-g3887777>.
16. Кожинов В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты : учеб. пособие для вузов / В. Ф. Кожинов. – М. : ООО «БАСТЕТ», 2008. – 304 с.

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
для виконання курсового проекту  
**«КОМПЛЕКС СПОРУД З ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»**  
з навчальних дисциплін  
**«ОЧИСНІ СПОРУДИ ВОДОПОСТАЧАННЯ»**  
і  
**«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»**

*(для студентів 2–4 курсів усіх форм навчання  
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія,  
спеціалізації (освітні програми) «Цивільна інженерія (Водопостачання та  
водовідведення)», «Гідротехніка (водні ресурси)»)*

Укладачі: **БЄЛЯЄВА** Валентина Михайлівна  
**СОРОКІНА** Катерина Борисівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *В. М. Бєляєва*

План 2017, поз. 100 М

---

Підп. до друку 23.10.2017. Формат 60 × 84/16  
Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 2,5  
Зам. № \_\_\_\_\_. Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.